Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

April 4/2005
€ 6,50 / sFr 12,50

HUYGENS' GROSSER AUFTRITT

Die Ergebnisse der Titan-Mission

MAGNETFELDER
Wie die unsichtbaren Kräfte das All gestalten

SONNENFINSTERNISSE
Auf der Jagd nach dem Mondschatten

STERNBILD BÄRENHÜTER: Der himmlische Aufpasser
EINSTEIGERECKE: Was Sie mit bloßem Auge sehen können
UNTERWEGS: Sternwarte Göttingen zu verkaufen

SOFIA: Ein Teleskop mit Flügeln

60463

4 196046 306506 04

Reinhard Breuer
Chefredakteur

Fremde Welt, fast wie die Erde

Eine Bilderbuchlandung glückte im Januar der Sonde Huygens. Nach siebenjähriger Reise setzte sie auf Titan auf und eröffnete Blicke auf eine bizarre, fremde Welt. Getreulich hat das Mutterschiff Cassini etwa 350 Bilder aufgezeichnet und über eine Milliarde Kilometer zur Erde weitergefunkt. Auch wenn ihre Auswertung noch Monate und Jahre dauern wird, haben schon die ersten Bilder für Sensationen gesorgt. Die AH-Redakteure Stephan Fichtner und Frank Schubert verfolgten die Übertragung im Operationszentrum der Esa in Darmstadt. Am meisten hat mich verblüfft, wie vertraut die Oberfläche des größten Saturnmonds wirkte. Titan ist nass: mit Tälern, durchzogen von Flüssen, mit Bergrücken und Schluchten, eisigen Hochländern, Küstenlinien und dunklen Überschwemmungsebenen.

Die Rolle des irdischen Wassers übernimmt, so weit reicht die erste Analyse wohl schon, Methan. Dieser Kohlenwasserstoff ist bei minus 180 Grad Celsius flüssig und sorgt offenbar für Methanfrost, -nebel und -wolkenschichten. Unter diesen Umständen sind auch die Chancen auf eine primitive und sicher exotische Spur von Leben nicht völlig ausgeschlossen. Über die Herkunft des Methans spekulieren nämlich die Huygens-Forscher. Es könnte einem unterirdischen See in 300 Kilometer Tiefe entstammen, in dem sich bei minus 80 Grad womöglich Mikroorganismen tummeln.

Die Titanmission kann – obwohl die Hälfte der Bilder durch einen fehlerhaften Datenkanal verloren ging – als voller Erfolg der europäischen Raumfahrt gelten. Auch wenn Cassini ein Nasa-Gefährt ist, das in den kommenden Monaten fast das gesamte Saturnsystem durchforsten und fotografieren wird (S. 12).

AH, FRANK SCHUBERT

Aufregung und Jubel, als in Darmstadt die ersten Bilder vom Titan eintrafen

Testfrage: Kann eine Sternwarte fliegen? Natürlich, lautet die korrekte Antwort! Schließlich braucht man nur ein Teleskop in ein Flugzeug zu packen und damit in 14 Kilometer Höhe den Himmel zu beobachten. »Sofia« heißt das »Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie«, das von der Nasa mit deutscher Beteiligung gebaut wird und erstmals im kommenden Jahr starten soll. AH-Redakteur Stephan Fichtner besuchte die Gründungsveranstaltung des Deutschen Sofia-Instituts in Stuttgart und berichtet, wie deutsche und amerikanische Astronomen künftig den kalten Kosmos erforschen wollen – mit einem 2,7-Meter-Teleskop komplett aus deutscher Fertigung, montiert im Bauch eines ehemaligen Boeing-Passagierjumbos (S. 18).

ANZEIGE

INHALT

Astro News 8
Riesenkrater auf Titan, Wirbel am Saturnsüdpol, Gammablitze, Sternausreißer u. a.

▶ **Schleier gelüftet** 12
Neue Antworten und weitere Fragen nach Huygens' erfolgreicher Landung auf Titan

▶ **Sofia** 18
Das Jumbojet-Infrarotteleskop

▶ **Magnetfelder** 24
Vom Entstehen der Sterne bis über ihren Tod hinaus sind Magnetfelder immer und überall präsent

▶ **Sonnenfinsternis** 32
Historische Karten von den aufregenden Himmelsspektakeln

SKYLINE

Planetarium 40
Sonne, Mond, Planeten und das Frühlingsdreieck im April

Sterntafel 42
Der Nachthimmel in der Übersicht

Nahaufnahme 44
Großer und Kleiner Wagen dienen als Wegweiser am Himmel

Feldstechertipp 49
Coma-Sternhaufen Melotte 111

Deep Sky 50
Galaxien im Sternbild Jungfrau

Schauplatz Mond 52
Von Mondmeeren und Ringen

SZENE

▶ **Unterwegs** 54
Göttinger Sternwarte zu verkaufen

Porträt 56
Der Kleinplanetenentdecker André Knöfel wurde ausgezeichnet

▶ **Krupps Corner** 60
Der Bärenhüter und sein Weg durch die Kulturen

Planetarien 62
Jubiläumswoche in Hamburg

Titelbild: Titan: Nasa, JPL / SSI / ESA; Mosaik: ESA / Nasa, JPL / U. Arizona; Flugzeug: Nasa / DLR

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▶ gekennzeichnet

Fliegende Sternwarte 18

Noch im Frühjahr 2005 soll das auf einem Flugzeug stationierte Infrarotteleskop Sofia zu seinem Jungfernflug starten.

TITEL 12

ESA / NASA / U. ARIZONA

Unbekannte Welt

Titan ist ganz ähnlich aufgebaut wie die Erde, nur mit anderen Zutaten

Eine Kraft mit Potenzial 24

Magnetfelder spielen überall im Kosmos eine Rolle – manchmal sichtbar, meist aber nicht. Und sie zu berechnen ist so komplex, dass ihr Einfluss nur geschätzt werden kann

NASA, DANA BERRY

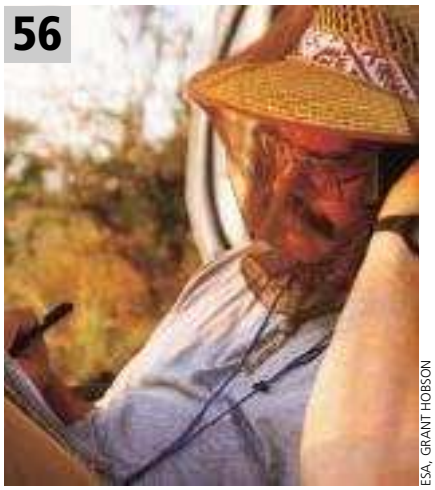
RAS

Rasende Schatten 32

Immer wieder verdunkelt der Mond die Sonnenscheibe. Doch keine Finsternis gleicht der anderen

NASA / DLR

56



ESA, GRANT HOBSON

Nicht einmal Moskitos

halten André Knöfel vom Beobachten ab – eine Unermüdlichkeit, für die ihm jetzt der Bundesverdienstorden verliehen wurde

Drei, zwei, eins ... meins?

54

Niedersachsen versteigert die Hainberg-Sternwarte in Göttingen samt Inventar – aber nur an Astronomen!

AH, FRANK SCHUBERT

TIPPS&TOOLS

Glanzlichter 64
Zauberhafte Ansichten von den Objektiven unserer Leser

▶ **Einsteigerecke** 68
Mit unbewaffnetem Auge auf der Pirsch nach den Wundern des Nachthimmels

Neuheiten 72
Ein Dobson zum Verreisen und ein Okularrevolver zu Ostern

Screenshot 74
EquinoX zaubert einen aufgeräumten Sternhimmel auf Ihren Mac

Bücher 76
Kosmische Strings und eine Odyssee in den Weltraum

TV & Events 78
Von Raketenpionieren, Großsternwarten und Teleskoptreffen

68

JON TEUS, SOCIEDAD DE CIENCIAS ARANZADI

Mit bloßem Auge

Auch ohne Feldstecher und Teleskop können Sie schöne und interessante Objekte am Nachthimmel entdecken

Editorial 3

Leserbriefe / Leser fragen – Experten antworten 6

Preisrätsel / Kleinanzeigen 80

Vorschau / Impressum 82

Komet Machholz bei den Plejaden im Sternbild Stier. Das Foto lässt erahnen, dass der Schweifstern eher etwas für Kenner war.

STEFAN SEIP

Wo ist Komet Machholz?

Ich war ziemlich enttäuscht, dass in der Ausgabe 1-2/2005 von ASTRONOMIE HEUTE kein Artikel zum Kometen Machholz zu finden war. Immerhin widmet Ihre Zeitung dem aktuellen Stern- und Planetenhimmel allmonatlich einen ausführlichen Bericht. So bin ich froh, dass der entscheidende Hinweis wenigstens aus der Tagespresse kam.

Dr. Eberhard Krain, Bremen

Antwort der Redaktion:
Da vorauszusehen war, dass der Komet Machholz nicht sonderlich prominent werden würde (siehe auch Glanzlichter), haben wir ihm keinen eigenen Artikel im Heft gewidmet. Auf unserer Internetseite erschien jedoch Anfang Januar ein Beobachtungshinweis inklusive Aufsuchkarte.

Falsches Polarlicht

»Glanzlichter: El Escorpio«
AH 1-2/2005, S. 68

Was dort zu sehen ist, sollte nicht mit einem Polarlicht verwechselt werden. Das ist aufgehellter Nachthimmel durch Lichtverschmutzung. Polarlichter sind in südlicher Richtung nur in hohen geografischen Breiten zu bewundern, aber dort wäre der Skorpion nicht mehr so zu sehen wie abgebildet. Nicht alles, was auf Astrofotos flächenhaft rot erscheint, ist ein Polarlicht. Leider häufen sich solche Darstellungen. Mitunter wird sogar der rötlich orange gefärbte westliche Dämmerungshimmel als Polarlicht verkauft.

Stefan Karge, per E-mail

Antwort der Redaktion:
Sie haben völlig Recht. Der leuchtende Fleck stellt tatsächlich den durch Lichtverschmutzung aufgehellten Nachthimmel dar. Wir bedauern den redaktionellen Fehler.

Himmlische Flaschenpost

»Briefe ins All«
AH 1-2/2005, S. 61

Botschaften auf CD-ROM sind die »basisdemokratische Alternative« zu den früheren, eher elitären Plaketten. Sie bieten vielen Menschen die Möglichkeit, ihre Verbundenheit mit einem Raumsondenprojekt zu bekunden und damit etwas Unsterblichkeit zu erlangen. Die Sonden werden noch durch die Galaxie driften, wenn es die Menschheit lange nicht mehr gibt. Natürlich ist eine Namenssignatur auf einer optischen Speicherscheibe nur eine virtuelle oder ideelle Botschaft. Die in den Plattenrillen gespeicherten Informationen, die mit den Pioneer- und Voyagersonden mitgeschickt wurden, sind sicherlich haltbarer als unsere hypermodernen Speichermedien. Sie werden schon in einigen Jahrzehnten kaum noch zu entziffern sein, weil es keine Lesegeräte mehr gibt. Doch über die Erfolgs- und Empfangschancen solcher kosmischer Flaschenpost-Sendungen sollte man sich keine Illusionen machen. Die Wahrscheinlichkeit, dass sie von anderen intelligenten Lebewesen gefunden werden, ist ebenso gering, wie das Universum groß ist. Außerdem brauchen Raumsonden Hunderttausende von Jahren zu den nächsten Fixsternen, das Licht dagegen nur Dutzende, Hunderte oder Tausende. Die Aussendung elektromagnetischer Wellen oder das gezielte Lauschen mit irdischen Antennen bieten da schon eher die Chance einer Kontaktaufnahme.

Wolfgang Engelhardt, Köln

Chiemgau-Meteorit

Wieso kann man im Internet große Arbeiten über den Chiemgau-Kometen finden und bei Ihnen nichts? Ich war enttäuscht, dass ich bei Ihnen nichts über die Entwicklungen in den Jahren 2003 und 2004 gefunden habe.

Goswin Seibicke, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Es ist uns leider nicht immer möglich, jedes interessante Thema aufzugreifen. Sollten sich jedoch neue wissenschaftliche Aspekte ergeben, werden wir sicher darüber berichten.

Erratum

»Glanzlichter«
AH 3/2005, S. 62

Unser Leser Günter Pirke war aufmerksamer als die Redaktion und kam dem Fehlerteufel auf die Schliche: Die Plejaden sind natürlich nur vierhundert Lichtjahre von der Erde entfernt und keine vierhundert Millionen.

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

»Leser fragen – Experten antworten«

Auf manchen Teleskopaufnahmen sehen die eigentlich punktförmigen Sterne so verzerrt aus, als wären sie von Lichtkreuzen überlagert. Wie entsteht diese Verzerrung des Lichts? Ist sie absichtlich gewollt? Kann man daraus Informationen über die Sterne gewinnen?

Dr. Mohamed Nagib, Hannover

Die markanten Lichtkreuze sind auf Bildern zu sehen, die mit Spiegelteleskopen gemacht wurden. Sie entstehen in der Regel dadurch, dass die von einem Stern kommenden Lichtwellen an der Aufhängung des Sekundärspiegels gebeugt werden.

Dieser befindet sich im Zentrum des Gesichtsfelds eines Spiegelteleskops. Wenn er von einer kreuzförmigen Montierung gehalten wird, entstehen ebensolche Lichtmuster. Ist der Sekundärspiegel dagegen an drei Streben montiert, entstehen sechsstrahlige Verzerrungsmuster. Feldstecher, Linsenteleskope oder Schiefspiegler (»Knick in der Optik«, AH November 2004, S. 64) haben in der Regel ein nicht abgeschattetes, also freies Blickfeld. Daher sind auf Bildern, die mit Hilfe derartiger Instrumente entstanden sind, auch keine Verzerrungen zu sehen.

Im Fall des Eso Very Large Telescope (VLT) sind die vier Streben, mit denen die Sekundärspiegel befestigt sind, tangential zu deren Einfassung angebracht. Das hat zur Folge, dass auf Bildern, die mit diesen Instrumenten gemacht werden, die Verzerrungen wesentlich weniger stark ausgeprägt sind.

Wie deutlich diese Lichtmuster erscheinen, hängt auch von der Helligkeit der betrachteten Sterne und der Belichtungszeit der Aufnahme ab. Je mehr Licht von einem Stern im Teleskop ankommt, desto ausgeprägter sind die Verzerrungsmuster. Daher kann man auf ein und derselben Himmelsaufnahme gleichzeitig Sterne mit und ohne Verzerrungen sehen. <<

Thomas Szeifert ist Astronom am VLT der Eso auf dem Cerro Paranal in Chile.

Kreuzförmige Verzerrungen, die manche Sterne auf Himmelsaufnahmen überlagern, entstehen durch Lichtbeugung im Teleskop.

ESO

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

ANZEIGE

CASSINI I

Riesenkrater auf Titan

Bei seinem dritten Titan-Vorbeiflug am 15. Februar hat Cassini mit dem Radar einen gewaltigen Einschlagkrater entdeckt. Die kreisförmige Struktur auf der ansonsten kraterarmen Oberfläche hat einen Durchmesser von rund 440 Kilometern und bedeckt eine Fläche, die mit über 150 000 Quadratkilometern fast doppelt so groß ist wie die Österreichs.

Die Sonde hatte den größten Saturnmond in 1577 Kilometer Entfernung passiert und den Forschern zum zweiten Mal seit Beginn der Mission im Juli 2004 die Gelegenheit geboten, die von einer dichten Atmosphäre umgebene Titanoberfläche aus geringer Distanz abzutasten.

Cassini hat sein Radar erstmals auf Regionen gerichtet, die zuvor auch fotografisch abgebildet wurden. Unter den dichten Wolken war der Krater bereits schemenhaft im optischen Spektrum erkennbar. Seine Größe und Beschaffenheit konnten jedoch erst jetzt gemessen werden.

Die Häufigkeit von Meteoritenkratern auf der Oberfläche eines Planeten erlaubt wichtige Rückschlüsse auf seine geologische Vergangenheit. Je größer ihre Zahl, umso geringer ist die geologische Aktivität in Gestalt von Erosion oder plattentektonischen Prozessen.

In den kommenden vier Jahren sind 44 Titan-Vorbeiflüge geplant, etwa die Hälfte davon mit Radarbeobachtungen.

Fast doppelt so groß wie Österreich, aber bisher namenlos: Der gigantische Meteoritenkrater auf Titan hat einen Durchmesser von 440 Kilometern. Seine Vermessung erfolgte mit Hilfe des Radars.

GAMMA-ASTRONOMIE

Swift gelingt erste Röntgenaufnahme eines GRB

NASA, GSFC

Der vor knapp drei Monaten gestartete Hochenergiesatellit »Swift« röntgte am 17. Januar seinen ersten Gamma-Ray Burst (GRB, siehe »Gamma-Astronomie – Ein neuer Star der Himmelsforschung«, AH März 2004, S. 30). Während des mit rund zweihundert Sekunden besonders lang andauernden und hellen Ausbruchs drehte sich der Satellit automatisch und machte eine Aufnahme mit seinem X-Ray Telescope XRT.

Bei den Gammastrahlenausbrüchen handelt es sich um gewaltige Energieausbrüche. Sie entstehen vermutlich, wenn beim »Tod« eines massereichen Sterns ein Schwarzes Loch entsteht. Dabei wird innerhalb kürzester Zeit mehr Energie freigesetzt, als die Sonne in Milliarden von Jahren produziert.

Wunderschön und 15 Millionen Lichtjahre entfernt. Die Spiralgalaxie M 101 als »Testbild« des Uvot an Bord von Swift

Dies ist das erste Bild seiner Art, bisher war von irdischen Teleskopen immer nur das Nachglühen von Gammastrahlenausbrüchen aufgenommen worden. Auch das »dritte Mittelklasse-Observatorium« (Midex 3, so Swifts Katalogname), das in der Lage ist, sich rasch auszurichten, kam bei den bisherigen rund zwei Dutzend kürzeren Ausbrüchen immer einen Tick zu spät.

Doch diesmal war der Satellit erfolgreich und dank seiner sofortigen Alarmmeldungen kommen auch die bodengebundenen Teleskope jetzt immer öfter zum Zug: Von Chile und Hawaii aus konnten so bereits vier Gamma-Ray Bursts beobachtet werden (»Hochenergieforschung im Schlaf«, AH November 2004, S. 31).

Mittlerweile wurde auch Swifts Ultraviolet/Optical Telescope (Uvot) aktiviert und lieferte ein eindrucksvolles Testbild von der 15 Millionen Lichtjahre entfernten Spiralgalaxie M 101 an der Deichsel des Großen Wagens (Falschfarbenbild links).

NASA, JPL

SCHWARZE LÖCHER

Kleinstes Galaxienzentrum

Das Schwarze Loch im Zentrum der Galaxie NGC 4395 verfügt über gerade einmal eine Million Sonnenmassen und ist somit wesentlich kleiner als alle bisher bekannten Galaxienzentren. Entdeckt wurde es in rund 14 Millionen Lichtjahren Entfernung mit dem Hubble Space Telescope.

Die Forscher um Ari Laor vom Technion-Israel Institute of Technology in Haifa maßen die Geschwindigkeit, mit der die Materie strudelförmig in das Schwarze Loch stürzt. Das Spektrum des dabei ausgesandten Lichts erlaubte Rückschlüsse auf seine Ausmaße.

Noch ist ungewiss, warum das Zentrum von NGC 4395 so massearm ist. Die Daten weisen darauf hin, dass es in seinem Umfeld kaum noch Materie gibt, das Schwarze Loch also nicht weiter wachsen wird. Zum Vergleich: Das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße – Sagittarius A* – verfügt über drei bis vier Millionen Sonnenmassen.

MAGNETARE

Gigantischer Blitz im Schützen

Könnten die menschlichen Augen Röntgen- und Gammastrahlung wahrnehmen, hätten wir am 27. Dezember 2004 eine Stelle im Sternbild Schütze aufleuchten sehen – so hell wie der Vollmond. Quelle dieser Strahlung war ein Magnetar, ein schnell rotierender Neutronenstern, der im Prinzip ein Pulsar ist, aber ein etwa tausendfach stärkeres Magnetfeld aufweist.

Da diese immer mal wieder Unmengen an energiereicher Strahlung abgeben (Illustration unten) – mehr als eine Supernova –, werden sie auch als Soft Gamma-ray Repeater (SGR) bezeichnet. Diesmal geschah es quasi vor unserer Haustür, SGR 1806-20 liegt in lediglich 50 000 Lichtjahren Entfernung auf der anderen Seite der Milchstraße.

Die Strahlung war so intensiv, dass die Teleskope der 15 im All befindlichen Hochenergiesatelliten völlig überbelichtet wurden, auf der Erde der Funkverkehr zeitweise zusammenbrach und der russische Satellit Coronas-F das Strahlungsecho vom Mond auffing.

Bisher sind den Astronomen rund ein Dutzend dieser Objekte in unserer Galaxis bekannt – zum Glück sind alle in sicherer Entfernung von der Erde.

Sternbeben und Magnetfelder
setzen immens viel Energie frei.

NASA

CASSINI II

Warmer Wirbel über Saturns Südpol

Über dem Südpol des Saturns wehen ungewöhnlich warme Luftströme. Das offenbaren Bilder des Keck-I-Teleskops auf Hawaii. Die Infrarotaufnahmen zeigen, dass in der oberen Atmosphäre eine Art warme Kappe den Ringplaneten bedeckt. Ein Polarwirbel sorgt dafür, dass etwa dreißig Breitengrade vor dem Südpol die Temperatur in dieser Höhe deutlich ansteigt, und zwar von minus 127 auf minus 123 Grad Celsius. Direkt über dem Südpol ist es nochmals ein Grad wärmer.

Als Urheber für den warmen Luftwirbel gilt die Sonne, die den Südpol des Planeten auf Grund von dessen ausgedehnter Umlaufbahn seit 15 Jahren ununterbrochen bestrahlt. Der Effekt wurde allerdings bisher als vernachlässigbar eingestuft, da der Saturn 1,4 Milliarden Kilometer von der Sonne entfernt ist, rund neunmal so weit wie die Erde.

Polare Wirbel sind durchaus keine Seltenheit, es gibt sie auch über unserer Arktis und Antarktis sowie über den Polen von Jupiter, Mars und Venus. Anders als bei Saturn mischen diese Strömungen jedoch Kaltluft in die Atmosphäre.

Die Raumsonde Cassini, die den Ringplaneten seit Anfang Januar umkreist, soll nun den in dieser Zeit von der Sonne unbeschienenen Nordpol ansteuern, um nach einem kühlen Polarwirbel oder ungewöhnlich niedrigen Temperaturen zu fahnden.

Im Süden ist es warm Seit 15 Jahren wird der Südpol des Saturns nun schon ununterbrochen von der Sonne beschienen – weshalb die Temperatur dort auf immerhin minus 123 Grad Celsius steigt.

RAKETEN

Perfekter Start der Ariane 5 ECA

Die neue Ariane 5 ECA hat ihren Jungfernflug am 12. Februar mit Bravur gemeistert. Plangemäß setzte die neueste Version der Esa-Trägerrakete zwei Satelliten im erdnahen Orbit aus, eine weitere Sonde blieb an Bord, um Flugdaten zu sammeln.

Der Start vom Esa-Weltraumbahnhof in Kourou (Französisch-Guayana) war zunächst um einen Tag verschoben worden, dann wurde der Count-down nur 59 Sekunden vor der geplanten Zündung nochmals ausgesetzt, offenbar wegen eines Tankdrucks außerhalb der erlaubten Werte. Um 22.03 Uhr unserer Zeit startete Flug 164 schließlich exakt auf der vorberechneten Route ins All.

Die »Zehn-Tonnen-Ariane« soll künftig schwere Lasten ins All befördern und vor allem der kommerziellen Raumfahrt dienen. Sie schließt damit zu den US-Trägersystemen auf: Die Boeing Delta-IV Heavy schafft bis zu 13 Tonnen in den Orbit.

Wegen technischer Probleme wurde die ECA beim ersten Versuch im Dezember 2002 nach dem Start gesprengt.

ESA, S. CORVAJA / CNES / ARIANESPACE

Der neue Schwertransporter der Esa, wenige Sekunden nach dem Bilderbuchstart

MILCHSTRASSE

Rasender Stern

Astronomen haben einen Stern entdeckt, der mit rund 2,5 Millionen Kilometer pro Stunde auf die Außengrenze der Milchstraße zurast. Mit diesem Tempo, der doppelten Fluchtgeschwindigkeit unserer Galaxie, wird SDSS J090745.0+24507 das Schwerefeld der Milchstraße wahrscheinlich überwinden und in die Tiefen des Alls hinausfliegen.

Die Forschergruppe um Warren Brown vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics hatte gezielt nach einem solchen Stern gesucht. Sie vermuten, dass ihn die Anziehungskraft des Schwarzen Lochs im Zentrum der Galaxis auf seine Fluchtbahn katapultiert hat. Dort war das Objekt noch als Doppelstern vorbeigezogen; den zweiten Stern zog das Schwarze Loch in eine Umlaufbahn.

Aus den hohen Anteilen schwerer Elemente schließen die Wissenschaftler, dass der Stern erst etwa achtzig Millionen Jahre alt ist und in einer sternbildenden Region nahe dem Milchstraßenzentrum entstand.

NASA / ESA / ZOLTAN G. LEVAY, STSCI / JOHN CLARKE, BOSTON U.

MOND

Erste Bilder von Smart-1

Die europäische Sonde Smart-1 (AH 12/2004, S. 13) hat erste Aufnahmen vom Mond zur Erde gesendet. Die Bilder des Asteroid-Moon Micro-Imager Experiment (Amie) entstanden aus 1000 bis 5000 Kilometer Höhe und zeigen eine Region am 75. Breitengrad. Derzeit nimmt Smart-1 den Mond noch mit relativ geringer Auflösung auf. Bis Ende des Jahres soll von niedrigeren Umlaufbahnen aus ein Mosaik der Oberfläche aus höher aufgelösten Bildern entstehen.

Smart-1 hatte im November 2004 den Mond erreicht und war in eine stabile Umlaufbahn geschwenkt. Gestartet war die Sonde bereits im September 2003. Die Reise hatte wegen des neuartigen Ionenstrahlantriebs so lange gedauert: Smart-1 fliegt mit kaum 1400 Watt Strom – das entspricht der Leistung eines Föhns.

ESA / SPACE-X

Französische Mathematiker als Namenspatronen: die Krater Brianchon und Pascal.

WELTRAUMTELESKOP HUBBLE

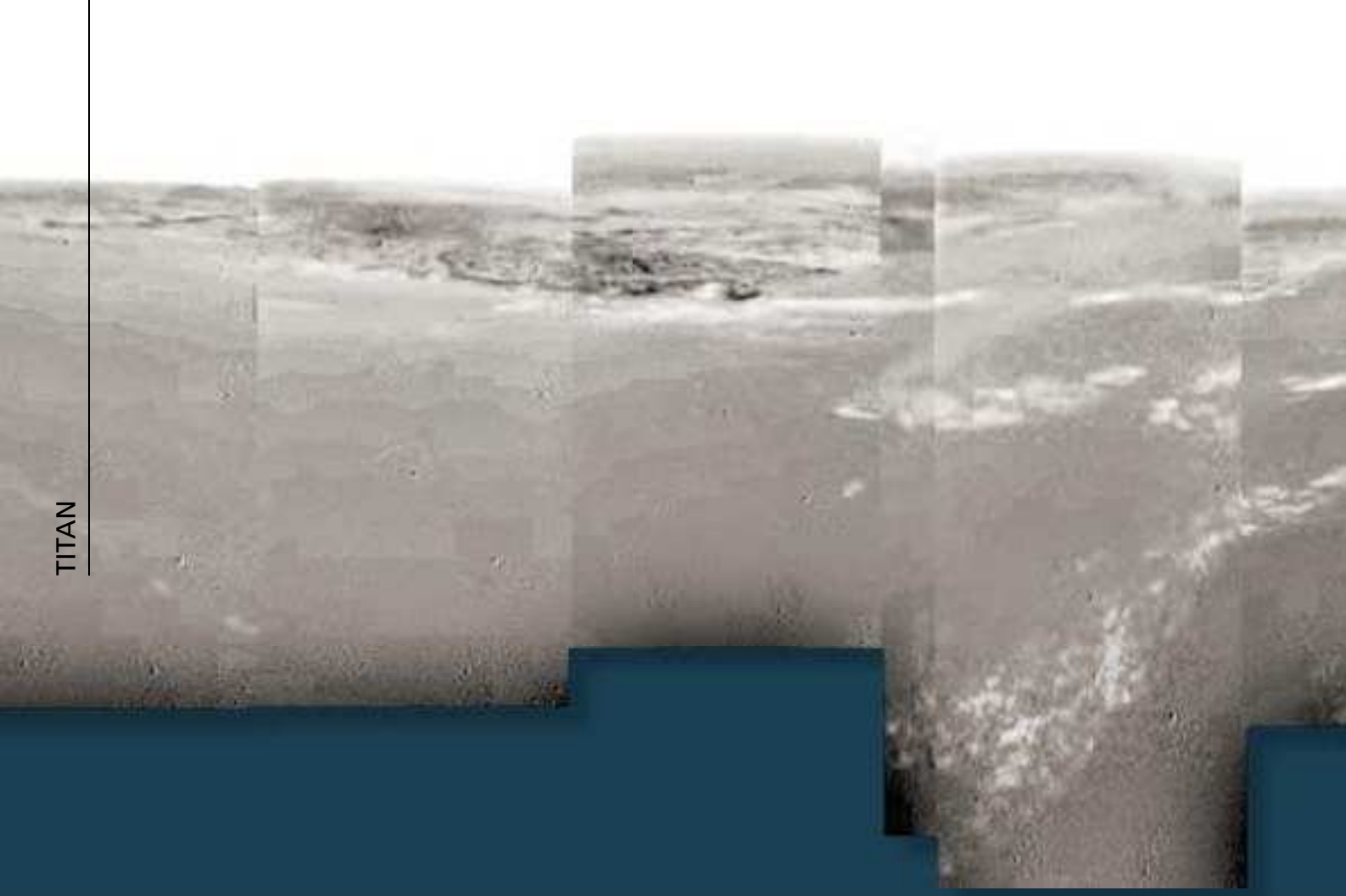
Absturz sicher

Das Hubble-Space Telescope (HST) wird nicht repariert und spätestens 2008 infolge des Ausfalls der Gyroskope unbrauchbar sein. Der Satellit müsste dann von einem unbemannten Raumschiff in die Atmosphäre bugsiert werden, um dort kontrolliert zu verglühen. Die US-Regierung hat zwar den Nasa-Etat erhöht, eine rund eine Milliarde Dollar teure Rettungsmission aber abgelehnt.

Das amerikanisch-europäische Observatorium war 1990 ins All gestartet. Derzeit sendet es täglich bis zu 15 Gigabyte Daten zur Erde. Der Start des Nachfolgers – des James Webb Space Telescope – ist für 2011 geplant (siehe AH 10/2005, S. 14).

Mitarbeiter dieser Rubrik:
Carolin Konermann, Thorsten Dambeck

Aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie bei Wissenschaft Online:
www.wissenschaft-online.de/astronomie



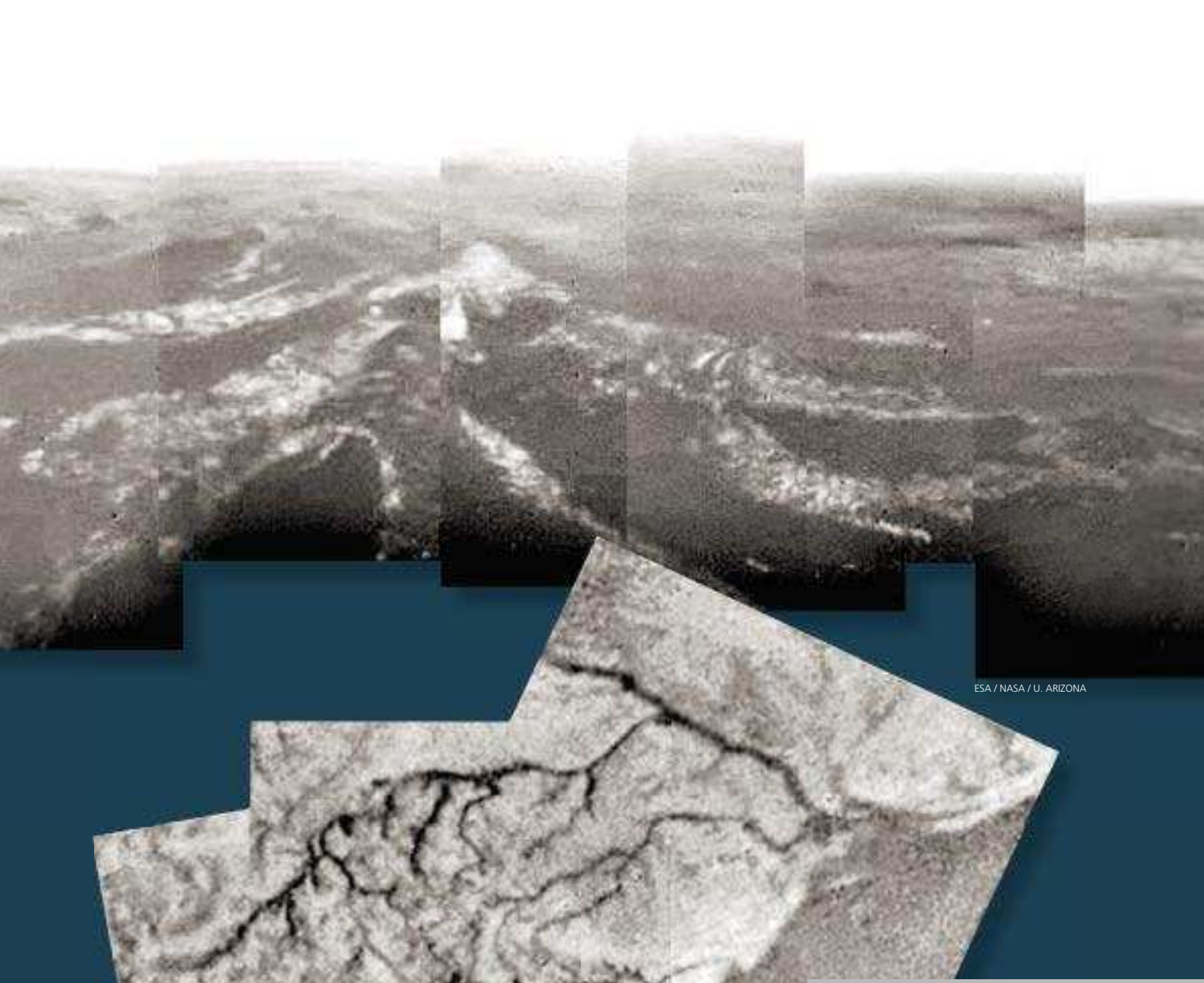
SCHLEIER GELÜFTET

Nur Wochen, nachdem Huygens die undurchsichtige Atmosphäre des Titans durchquerte und sicher landete, gibt es neue Erkenntnisse – und neue Fragen.

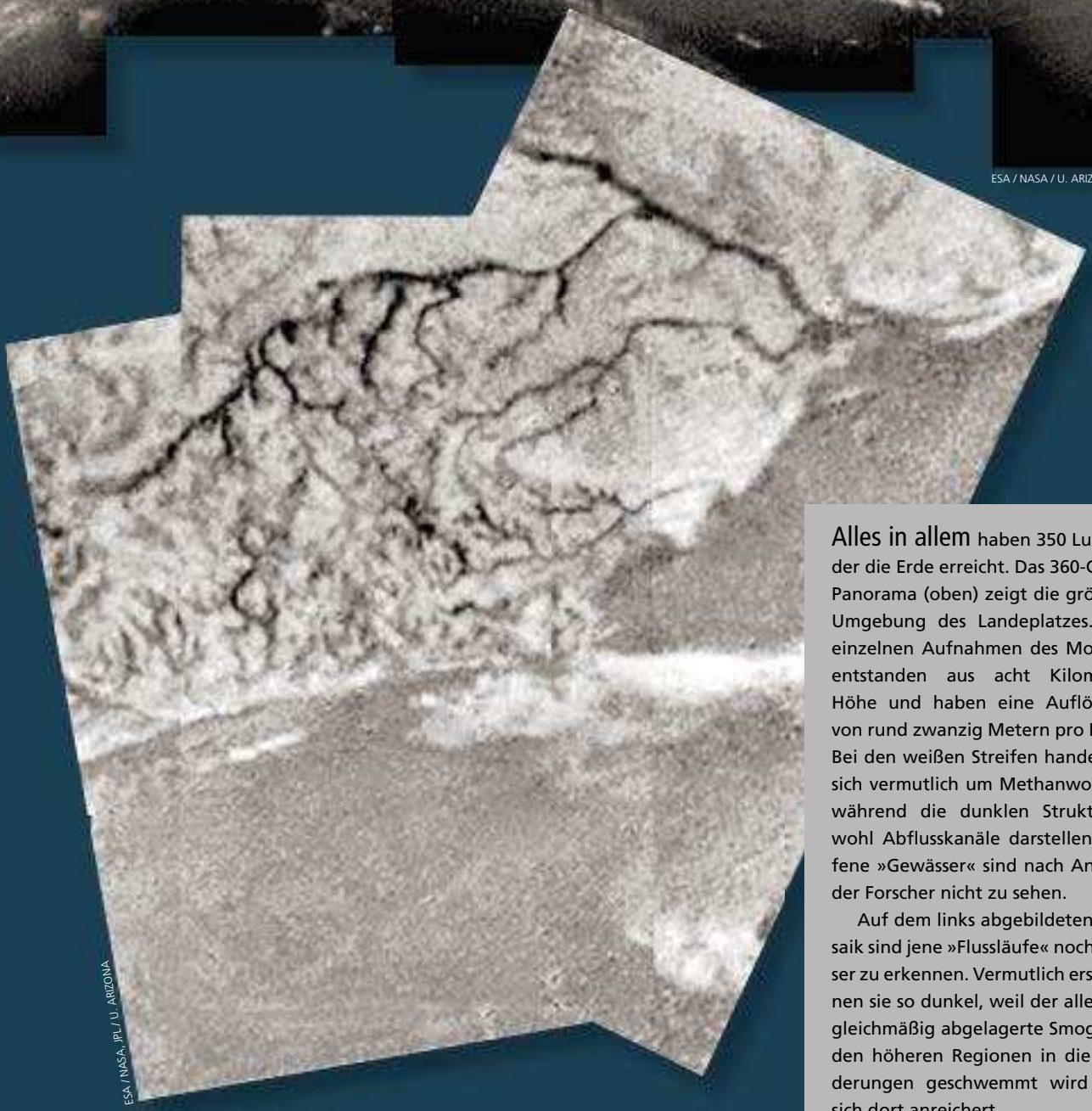
>> David Tytell

Das Gesicht des Saturnmonds Titan scheint auf merkwürdige Art und Weise vertraut: Auf den Luftbildern sehen die Strukturen auf seiner Oberfläche aus wie irdische Flüsse mit ihren Quellgebieten und Deltas. Das war die größte Überraschung, die die europäische Sonde Huygens nach ihrer Landung auf dem fernen Trabanten zur Erde funkte: »Der Titan kommt in Gestalt der Erde daher; das ist wirklich verblüffend«, meint Caitlin Griffith von der University of Arizona. Nach wenigen Wochen intensiver Auswertung der Daten aller sechs Instrumente an Bord der Sonde haben die Forscher ein bereits ziemlich schlüssiges Bild vom Titan. Schon am Tag der Landung hatte Jean-Pierre Lebreton, Chef der Huygens-Mission, erkannt, dass die Oberfläche der fernen Welt ganz ähnlich entstanden sein musste wie die der Erde – nur mit anderen Zutaten.

Einen ersten Höhepunkt hatte die Spannung erreicht, als sich Huygens am ersten Weihnachtstag 2004 von dem Cassini-Orbiter trennte und Kurs auf Titan nahm. Bis dahin vermochten weder Voyager noch irdische Teleskope oder Cassini die dichte Atmosphäre zu durchdringen. Immerhin lieferten deren Daten – zusammen mit ungezählten Laborversuchen und Computersimulationen – manch wertvolle Erkenntnis. So wussten die Forscher >



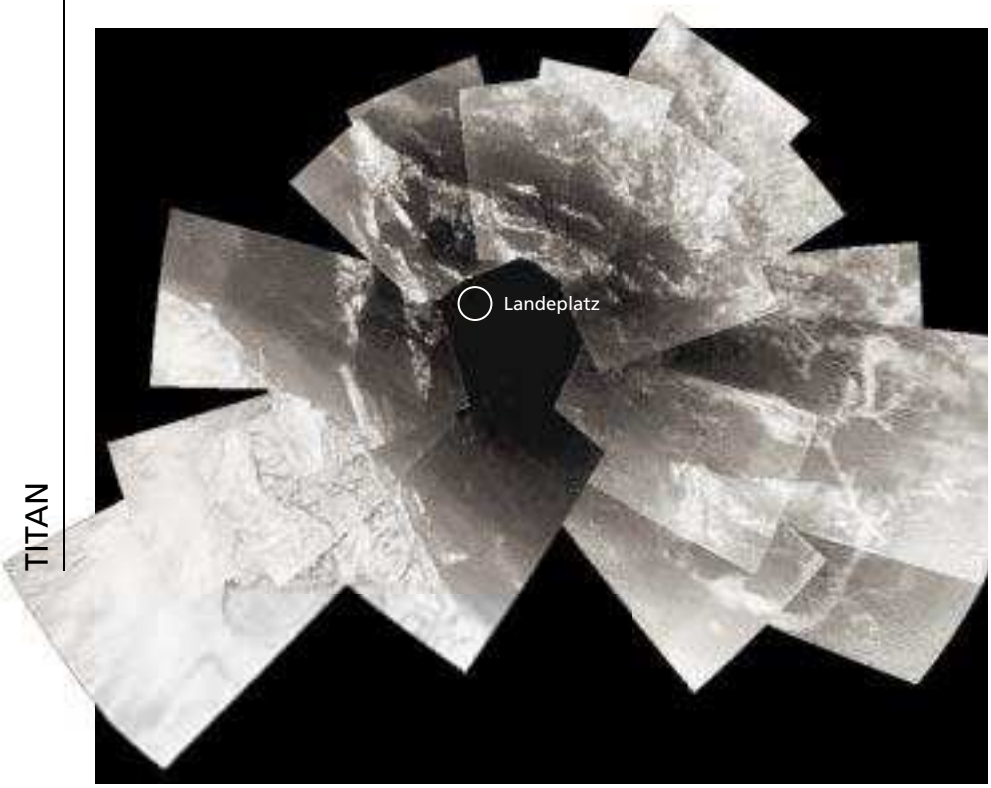
ESA / NASA / U. ARIZONA



ESA / NASA, JPL / U. ARIZONA

Alles in allem haben 350 Luftbilder die Erde erreicht. Das 360-Grad-Panorama (oben) zeigt die größere Umgebung des Landeplatzes. Die einzelnen Aufnahmen des Mosaiks entstanden aus acht Kilometer Höhe und haben eine Auflösung von rund zwanzig Metern pro Pixel. Bei den weißen Streifen handelt es sich vermutlich um Methanwolken, während die dunklen Strukturen wohl Abflusskanäle darstellen. Offene »Gewässer« sind nach Ansicht der Forscher nicht zu sehen.

Auf dem links abgebildeten Mosaik sind jene »Flussläufe« noch besser zu erkennen. Vermutlich erscheinen sie so dunkel, weil der allerorts gleichmäßig abgelagerte Smog von den höheren Regionen in die Niederungen geschwemmt wird und sich dort anreichert.



BEIDE FOTOS: ESA / NASA, JPL / U. ARIZONA

Dreißig Bilder zeigen aus 13 bis 8 Kilometer Höhe, wo Huygens wenig später landen wird (links). Rechts sind vermutlich Hinweise auf den so genannten Kryovulkanismus zu erkennen. Die Forscher vermuten, dass entlang dem hellen, vom Zentrum nach rechts unten verlaufenden Band Wassereis aus der Tiefe an die Titanoberfläche gelangt. Die vielen kurzen Kanäle halten sie für Methanquellen an den Berghängen.

> längst, dass Titan als einziger Mond im Sonnensystem, so wie die Erde, über eine hauptsächlich aus Stickstoff bestehende Atmosphäre verfügt. Und sie waren sich ziemlich sicher, dass daraus komplexe Kohlenwasserstoffe regneten, die ihrerseits Ozeane aus Methan (CH_4) und Ethan (C_2H_6) füllten. Entlang den Küsten rechneten sie zudem mit großen Mengen von Wassereis.

Der Flug von Huygens verlief – abgesehen von einem Problem (siehe Kasten unten) – reibungslos. Alle Instrumente arbeiteten einwandfrei. Nach und nach öffneten sich die Fallschirme und ließen die Sonde langsam zu Boden sinken. Zwei Stunden und 27 Minuten dauerte der Abstieg durch die Atmosphäre, bevor die 300 Kilogramm schwere Sonde mit der Geschwindigkeit eines ungebremsten Fahrstuhls aufsetzte. Cassinis Kontakt zu dem Lander hielt genau 72 Minuten an, irdische Radioteleskope zeichneten nach seiner Landung gar über vier Stunden lang Daten auf – die Batterien hatten bei minus 180 Grad Celsius sehr viel länger durchgehalten als erwartet.

Der erste Kontakt von Huygens erfolgte mit dem Penetrometer, einer Art Stift an seiner Unterseite. Mit ihm konnten die Forscher im Moment der Landung die Festigkeit des Untergrunds

Auf der Leitung …

Alles lief wie am Schnürchen, bis ein Programmierfehler für Aufregung sorgte. Denn der Datentransfer zwischen Huygens und Cassini sollte über zwei Kanäle laufen, erfolgte aber nur über einen. Die Hälfte der 700 DISR-Bilder wurden deshalb nie zur Erde weitergeleitet.

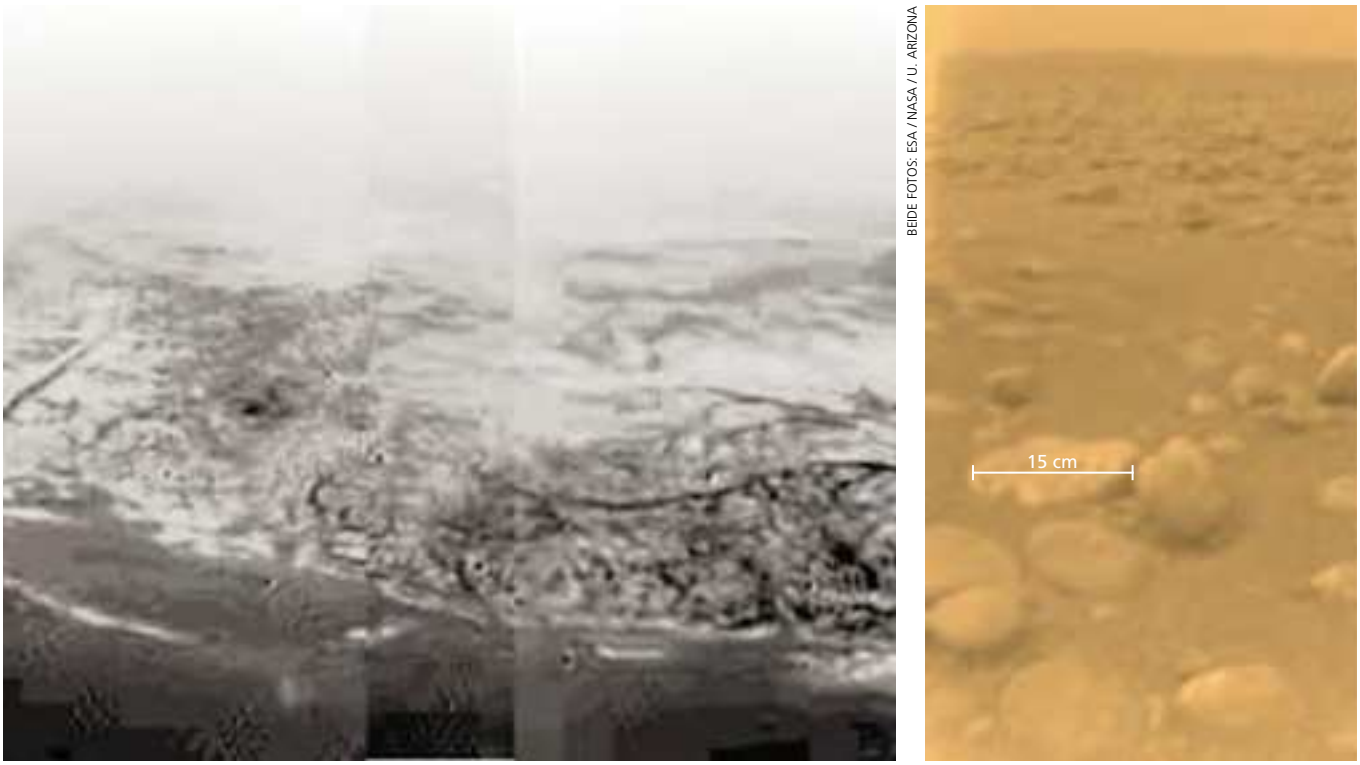
Sie sind deshalb ein für alle Mal verloren. »Wir haben Lücken in unseren Panoramaansichten«, bedauerte Martin Tomasko von der University of Arizona, »aber auch große Überlappungen einzelner Bilder.« Die Qualität der Daten wird in der nächsten Zeit also noch besser.

Und auch die Daten des Doppler Wind Experiment (DWE) schienen zunächst verloren. Doch dann wurden die schwachen Signale von Huygens, die eigentlich an Cassini gerichtet waren, direkt von 18 Radioteleskopen auf der Erde aufgefangen – und konnten schließlich ausgewertet werden.

Demnach tobte in 120 Kilometer Höhe ein Orkan mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 430 Kilometer pro Stunde. Auch in 60 Kilometer Höhe wurde die Sonde noch von kräftigen Stürmen durchgeschüttelt, während am Boden nur ein lauer Wind wehte.

GEORG DITTIE

Jean-Pierre Lebreton mit den druckfrischen Daten eines der irdischen Radioteleskope



BEIDE FOTOS: ESA / NASA / U. ARIZONA

Aus acht Kilometer Höhe erscheint die Grenze zwischen den hellen, höher gelegenen Regionen und dem dunklen Tiefland wie eine Küstenlinie (links). Für das menschliche Auge sähe es am Landeort von Huygens aus wie auf dem rechten Bild. Der Boden und die »Gesteinsbrocken« bestehen allerdings nicht aus Silikaten, sondern aus gefrorenem Wasser. Die Sicht ist von Dunst getrübt, der nach Ansicht von Planetenforscher Martin Tomasko aus Methanschwaden besteht.

messen. »Als der Sensor den Grund berührte, beobachteten wir einen ziemlich hohen Widerstand«, berichtete der für das Surface Science Package (SSP) zuständige Wissenschaftler John Zarnecki von der Open University im englischen Milton Keynes. »Kurz darauf sanken die Werte rasch auf ein viel niedrigeres, konstantes Niveau.« Im Labor hatte sich gezeigt, dass sich von einer harten Schicht überlagerte Sande oder Tone ganz ähnlich verhalten.

Nach der Landung – das zeigten die Daten des Beschleunigungsmessers – war Huygens noch zehn bis fünfzehn Zentimeter tief eingesunken und erst dann zur Ruhe gekommen. Sofort begann der mit einem Massenspektrometer ausgestattete Gaschromatograf (GCMS) die gasförmigen Bestandteile im Umfeld des Landeplatzes zu analysieren. »Wir hofften in einer Region niederzugehen, in der die Sonde Material zum Verdunsten bringen würde«, berichtete Sushil Atreya von der University of Michigan. »Bei einem Untergrund aus solidem Fels hätten wir in diesem Moment sicher keinerlei Verdunstung messen können.«

Doch Huygens' Instrumente konnten »Dämpfe« messen – und zwar in großem Ausmaß. Innerhalb der dreiminütigen Aufwärmphase des GCMS stieg die Methankonzentration in der Luft um dreißig Prozent und blieb während der gesamten Messzeit auf diesem Niveau. Genau das war zu erwarten, wenn das Gerät seine Proben über einer Flüssigkeit nähme, die entweder direkt an der Oberfläche schwappte oder allenfalls den Porenraum der oberen Bodenschichten durchtränkte. Tobias Owen von der University of Hawaii ist davon überzeugt, dass es unter der Titanoberfläche flüssige Substanzen gibt. Ob es sich dabei um Methan handelt, lässt sich auf Grund der Daten des GCMS nicht beweisen, ist aber sehr wahrscheinlich.

Methan aus eiskalten Vulkanen?

Wenn Huygens wirklich, wie Griffith es ausdrückt, in »feuchtem Gelände« niederging, dann gibt es auf Titan – wie auf der Erde auch – einen vollständigen hydrologischen Kreislauf. Nur dass dort Methan vom Himmel regnet.

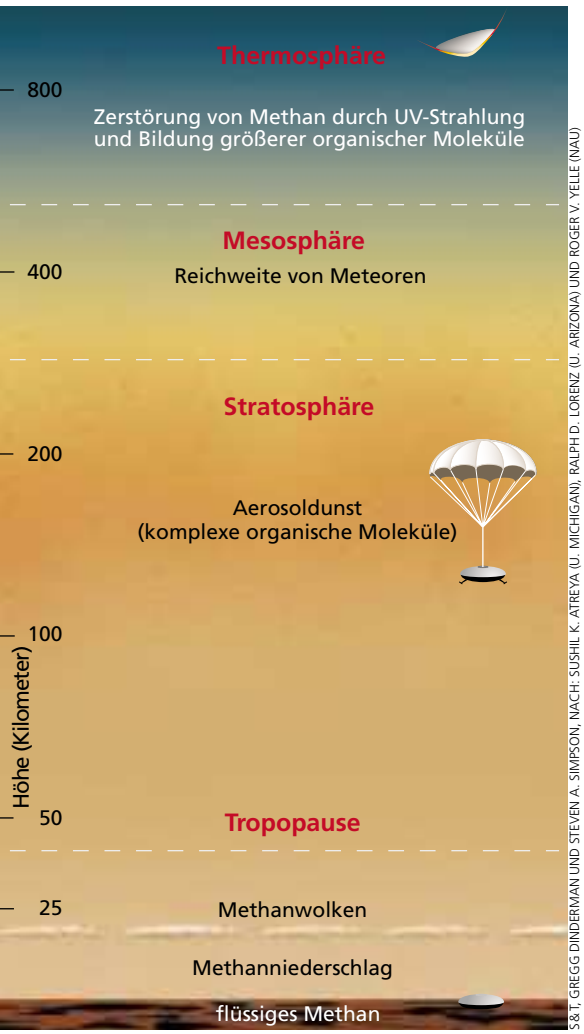
Weil der Boden des fernen Monds so kalt ist, bleibt der Kohlenwasserstoff flüssig und verhält sich ganz ähnlich wie das Wasser bei uns. Er verdunstet, kondensiert zu Wolken und fällt als Niederschlag auf die Titanoberfläche zurück, wo er in den Untergrund eindringt, Seen füllt und Flüsse speist. Tatsächlich hatte Huygens in zwanzig bis siebzehn Kilometer Höhe eine Atmosphärenschicht durchquert, die nach Ansicht von Sushil Atreya von der University of Michigan am besten mit einer Wolkendecke vergleichbar war, in der hundert Prozent relativer Luftfeuchtigkeit herrschte, in der die Luft also bei entsprechender Temperatur den maximal möglichen Methangehalt aufwies.

Doch gibt es eine schwache Stelle in diesem Methankreislauf. Gelangt das CH_4-Molekül nämlich in höhere Luftschichten, wird es Opfer der solaren UV-Strahlung. Die Produkte dieser fotochemischen Reaktion bilden komplexe organische Moleküle vom Ethan bis hin zum Benzol (C_6H_6). Während Ersteres in flüssiger Form niederregnet, wird Letzteres zusammen mit ähnlichen Substanzen zu mikroskopisch kleinen Partikeln, die als fotochemischer Smog den Titanhimmel orange färben. Letzt- >

> endlich schweben auch sie überall gleichmäßig zu Boden.

Kurzum: Wenn Methan permanent umgesetzt wird, muss es einen Nachschub geben. Andernfalls wäre Titan in nur zehn Millionen Jahren ausgetrocknet. Irgendwo muss es also eine Quelle geben. Und die vermuten die Forscher tief im Innern des Monds, von wo das Methan infolge geologischer Prozesse an die Oberfläche gelangt – etwa in Gestalt so genannter Kryovulkane, die nicht Lava fördern, sondern gefrorenes Wasser und auch eisförmiges Methan. Einen Hinweis auf eine solche Freisetzung könnte das Argon-40-Isotop liefern, das hier auf der Erde das Produkt aus dem radioaktiven Zerfall von Kalium in Gesteinen ist. Tatsächlich hat Huygens' Gaschromatograf ^{40}Ar gemessen, die dazu gehörigen kaliumhaltigen Gesteine fehlen aber.

Als Huygens am 14. Januar 2005 landete, war es trocken. Es regnete nicht, und es waren auch keine offenen »Gewässer« zu erkennen. »Über die Niederschlagshäufigkeit wissen wir nur sehr wenig«, sagte Martin Tomasko von der University of Arizona, der für die Bilder des Descent Imager mit seinem Spectral Radiometer (DISR) verantwortlich war. »Da die oberen Zentimeter des Bodens jedoch ganz sicher feucht waren, muss es hier kurz zuvor noch geregnet haben. Aber ob das gestern war oder vorgestern oder letzte Woche? Wir haben keine Ahnung.«



S&T, GREGG DINDERMAN UND STEVEN A. SIMPSON, NACH: SUSHIL K. ATREYA (U. MICHIGAN), RALPH D. LORENZ (U. ARIZONA) UND ROGER V. YELLE (NAU)

Gebirge aus Eis

Hinweise auf den Methankreislauf gab es schon vor den chemischen Daten des GCMS, und zwar auf den Luftbildern des DISR-Experiments. Aus der Ferne waren riesige helle und dunkle Regionen zu sehen, aber auch hundert Meter hohe Felsgrate mit weißen Gipfeln sowie Strukturen, die aussehen wie Wasserläufe und Deltas.

»Das wurzelförmig verzweigte Kanalsystem weist auf Niederschläge hin, während das schwarz erscheinende Material offenbar aus fotochemischem Smog besteht. Er rieselt allerorts gleichmäßig aus den hohen Schichten der Atmosphäre nieder, wird aber insbesondere von den höheren Regionen in die Niederungen gespült«, erklärte Tomasko, »und reichert sich in den Niederungen, beispielsweise an der Basis der Kanäle an.« Deshalb erscheinen sie so dunkel.

Die Messungen der spektralen Reflexion lassen darauf schließen, dass die Felsgrate nicht wie die irdischen aus silikatischen Gesteinen aufgebaut sind, sondern aus Wassereis. Dunkle, ellipsenförmige Bögen zeugen vermutlich von verdunsteten Seen. Auf manchen Bildern sind Flecken zu sehen, die womöglich Folge von aus der Tiefe aufsteigendem Wassereis sind. Vielleicht werden durch diese Kryovulkane ja auch Methan und das ^{40}Ar-Isotop freigesetzt.

Seit einigen Wochen sitzen die Forscher nun schon an der Auswertung der Datenflut. Welche Geheimnisse darin noch verborgen sind, ist ungewiss. Doch werden die Fragen, die es zu beantworten gilt, immer klarer:

Zwei Stunden und 27 Minuten dauerte Huygens' Abstieg durch die Atmosphäre. Jetzt wissen Forscher, wie sie aufgebaut ist.

Wo ist das Ethan? Zwar konnte Ethan mit dem GCMS am Landeplatz nachgewiesen werden, doch sind die dort gemessenen Konzentrationen viel geringer als es die Computersimulationen vermuten ließen. Atreya schließt nicht aus, dass es auf dem Titanboden Ethan gibt. Dass in der Luft nur Spuren zu messen waren, kann bedeuten, dass das C_2H_6 unter den gegebenen Umständen sehr viel weniger flüchtig ist als Methan. Oder Huygens ist zufällig in einer besonders ethanarmen Region gelandet.

Wo sind die großen Ozeane? Nachdem so viele Modelle das gleiche Ergebnis lieferten, war für die meisten Forscher klar: Es muss auf Titan riesige Ozeane aus flüssigen Kohlenstoffen geben. Auf den Bildern von Huygens' Bodenradar ist davon jedoch nichts zu sehen, während die Radardaten von Cassini bisher keinen eindeutigen Schluss zulassen.

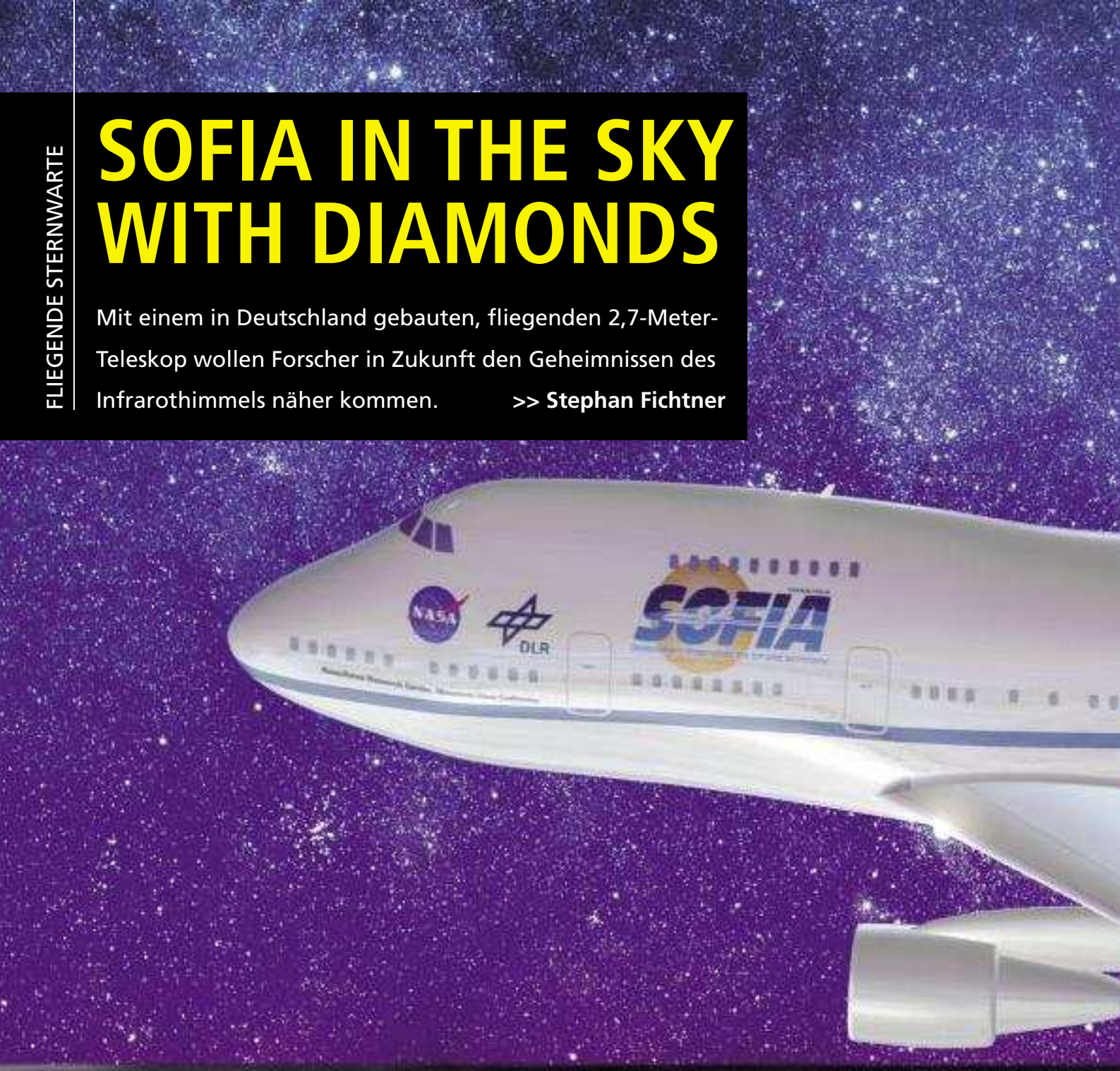
Wo sind die Edelgase? Abgesehen vom ^{40}Ar, dem Produkt des radioaktiven Kaliumzerfalls, fanden sich keine Edelgase – ein Umstand, der Rückschlüsse auf die Entstehung von Titan zulässt. Argon, Krypton oder Xenon hätten nur bei Temperaturen unterhalb von minus 240 Grad Celsius in die Eis- und Gesteinsmassen des noch jungen Monds eingebunden werden können. Da das Innere von Titan aber chemisch differenziert ist – also hohen Temperaturen ausgesetzt war – müssten zusammen mit dem ^{40}Ar auch andere Edelgase in die Atmosphäre gelangen und dort messbar sein. Dass sie es nicht sind, spricht gegen die These, Titan sei peu à peu infolge des Zusammenballens kalter Gesteinsbrocken entstanden.

Wo sind die Aminosäuren? Versuche im Labor haben gezeigt, dass sich in den oberen Schichten der Titanatmosphäre komplexe organische Moleküle bilden müssten – darunter auch die Bausteine allen Lebens: die Aminosäuren. Doch Cassini blieb bei der Suche danach erfolglos. Und ob Huygens fündig wurde, steht noch nicht fest. Der Aerosol Collector and Pyrolyser an Bord des Landers hatte während seines Abstiegs zweimal Proben der Luft mit ihren Smogteilchen analysiert. Derzeit sitzen die Forscher noch an der Auswertung der Daten. <<

David Tytell ist Mitherausgeber von Sky & Telescope und liebt Smog – denn er ist in Los Angeles aufgewachsen.

SOFIA IN THE SKY WITH DIAMONDS

Mit einem in Deutschland gebauten, fliegenden 2,7-Meter-Teleskop wollen Forscher in Zukunft den Geheimnissen des Infrarothimmels näher kommen. **>> Stephan Fichtner**



Die Geburt eines neuen Sterns zu beobachten oder dem Schwarzen Loch im Zentrum unserer Milchstraße beim Verschlingen von Materie zuzuschauen, war bisher nur Profiastronomen und dem Spitzer-Weltraumteleskop vorbehalten.

Ab diesem Jahr soll das anders werden, denn Sofia, das deutsch-amerikanische Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie, soll im April 2005 endlich zu seinem Jungfernflug starten.

Verlaufen dieser und weitere Tests erfolgreich, so kann das Infrarotteleskop bereits im Jahr 2006 zu seinen ersten wissenschaftlichen Missionen abheben. Und dann wird sich auch Nichtprofis der Blick in die Tiefe des Alls öffnen. Denn mit Sofia sind unter anderem Flüge geplant, an denen Schüler, Studenten sowie ausgewählte Journalisten teilnehmen können.

Zweimal jährlich und das über zwanzig Jahre hinweg soll Sofia als »fliegendes Klassenzimmer« zu Wartungszwecken in Stuttgart sein und dann sowohl Nachwuchswissenschaftlern als auch der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen.

Das deutsche Betriebszentrum der fliegenden Sternwarte ist offiziell am Institut für Raumfahrtsysteme (IRS) der Universität Stuttgart angesiedelt. Am IRS wird hierzu eigens eine Abteilung mit mehr als zwanzig Wissenschaftlern und Technikern sowie eine Professur für »Airborne Astronomy« (so viel wie Flugzeug-Astronomie) >

NASA / DLR

Wie Diamanten prangen die Sterne des Nachthimmels in dieser Computergrafik über der geöffneten Ladebucht des fliegenden Observatoriums.

STEFAN SEIP

Die »Väter« von Sofia bei der offiziellen Einweihung des Deutschen Sofia-Instituts in Stuttgart: David Black, Karsten Beneke, Dieter Fritsch, Hans-Peter Röser, Eric Becklin, Richard Howard, Hans-Jürgen Kärcher (v. l. n. r.).

> eingerichtet, um das Flugzeug mit dem 2,7-Meter-Spiegelteleskop im Heck bei seinen Aufenthalten in der Schwabenmetropole optimal betreuen zu können. »15 der deutschen Mitarbeiter werden allerdings ständig in den USA arbeiten, von wo ein Großteil des wissenschaftlichen Flugprogramms am nasaeigenen Ames Research Center betreut wird«, berichtet Professor Hans-Peter Röser, geschäftsführender Direktor des IRS und Leiter des gerade gegründeten Deutschen Sofia-Instituts (DSI).

Das fliegende Klassenzimmer

Als besonders erfreulich wertet er die Kooperation mit sieben Instituten der Universität, dem Flughafen in Stuttgart-Echterdingen, der Steinbeis-Stiftung sowie mehr als 15 mittelständischen Unternehmen aus der Region.

Auch im Bildungsbereich soll Sofia ein echtes Vorzeigeprojekt werden: Zurzeit kümmern sich bereits fünf Schulen aus dem Raum Stuttgart, das Planetarium Stuttgart und vier Schulen sowie das Landesinstitut für Schule und Medien in Brandenburg um die Realisierung eines Programms zur öffentlichkeitswirksamen Nutzung von Sofia und zu Ausbildungszwecken. Mit diesem Programm soll die Faszination technischer Disziplinen, der Astronomie und Luftfahrt in einem großen Publikum – insbesondere beim Nachwuchs – geweckt werden. Schrittweise soll das fliegende Klassenzimmer Sofia allen Schulen zugänglich gemacht werden und damit Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit bieten, sich aktiv an den Forschungsarbeiten der Astrophysiker zu beteiligen. Aber auch Studenten sollen genügend Zeit für ihre Studien-, Diplom- und Doktorarbeiten erhalten.

Seit Jahren schon laufen die Vorbereitungen für dieses ambitionierte Projekt. Erste Konzeptstudien für ein auf einem Flugzeug stationiertes Großteleskop stammen aus dem Jahr 1986. Damals startete bereits Sofias kleinerer Vorgänger, das »Kuiper Airborne Observatory« (KAO) etwa siebzigmal pro Jahr zu Forschungsflügen in die Stratosphäre.

Der niederländisch-amerikanische Astronom Gerard Kuiper, Namensgeber des nach ihm benannten Kuiper-Gürtels außerhalb der Neptunbahn, kam in den 1960er Jahren als Erster auf die Idee, ein Infrarotteleskop an Bord eines Forschungsflugzeugs der Nasa, das eigentlich zu Studien der Erdatmosphäre vorgesehen war, zu installieren. Obwohl der Jet für einen solchen Einsatz ursprünglich nicht vorgesehen war und die Fernrohre nur durch die Flugzeugfenster hindurch Aufnahmen machen konnten, gelangen doch schon bald erste bahnbrechende Entdeckungen: So konnten die Wissenschaftler die Existenz von Wassereis in den Saturnringen nachweisen, während sie im dichten Wolkenmeer der Venus entgegen allen Erwartungen keinen Wasserdampf fanden. »Galileo«, so der Name des ersten fliegenden Infrarotteleskops, stürzte jedoch 1973 nach einem Zusammenstoß mit einem anderen Flugzeug ab. Bei seinem Nachfolger gingen die Ingenieure bereits einen Schritt weiter. Beim 1967 in Dienst gestellten »Lear Jet Observatory« (LJO) ersetzten sie kurzerhand ein Kabinenfenster durch ein Dreißig-Zentimeter-Teleskop.

Primitive Bedingungen an Bord

Doch die Arbeitsbedingungen an Bord des LJO waren alles andere als komfortabel. Da der Lear Jet über keine Kabine mit Druckausgleich verfügte, mussten die Astronomen während des Flugs voluminöse Atemmasken tragen. Auch die Temperaturen an Bord schwankten sehr stark und es gab keine Sitze, sodass die Forscher damals noch mit dem Boden vorlieb nehmen mussten. Dennoch gelangen mit diesem Flugzeug spannende Entdeckungen: So fanden die Astrophysiker mit Hilfe von LJO heraus, dass die Riesenplaneten Jupiter und Saturn insgesamt mehr Energie abstrahlen, als sie von der Sonne erhalten. Sie mussten also über innere Energiequellen verfügen. Außerdem konnten die Forscher erstmals in

NASA, ARC

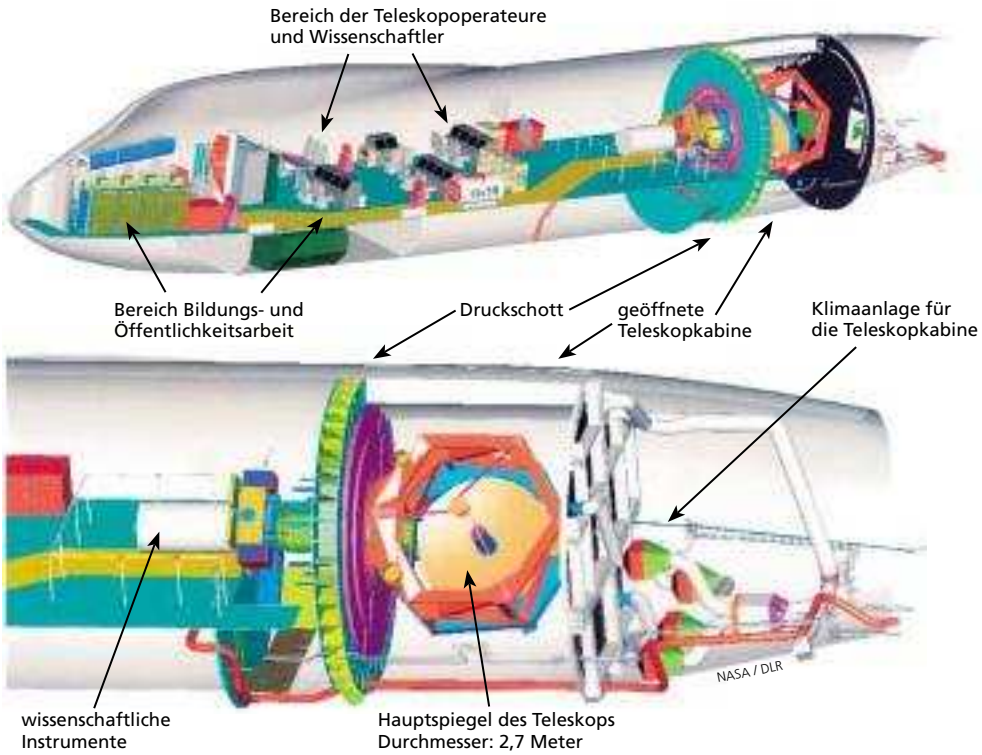
Über 10 000 Flugstunden im Dienst der Forschung absolvierte der Sofia-Vorgänger KAO. Hier befand sich die Teleskopöffnung im vorderen Teil des Rumpfs vor den Flügeln (siehe Pfeil).

das Innere interstellarer Wolken blicken, die im sichtbaren Licht bis dahin undurchdringlich waren. Der nächste logische Schritt war dann das gut dreimal größere Kuiper Airborne Observatory der Nasa mit seinem 91,5-Zentimeter-Teleskop an Bord einer umgebauten Lockheed C-141 Starlifter. Während des Starts und der Landung war das Teleskop durch ein Rolltor geschützt, das sich erst nach Erreichen der Betriebshöhe zwischen 12 und 14 Kilometer Höhe öffnete.

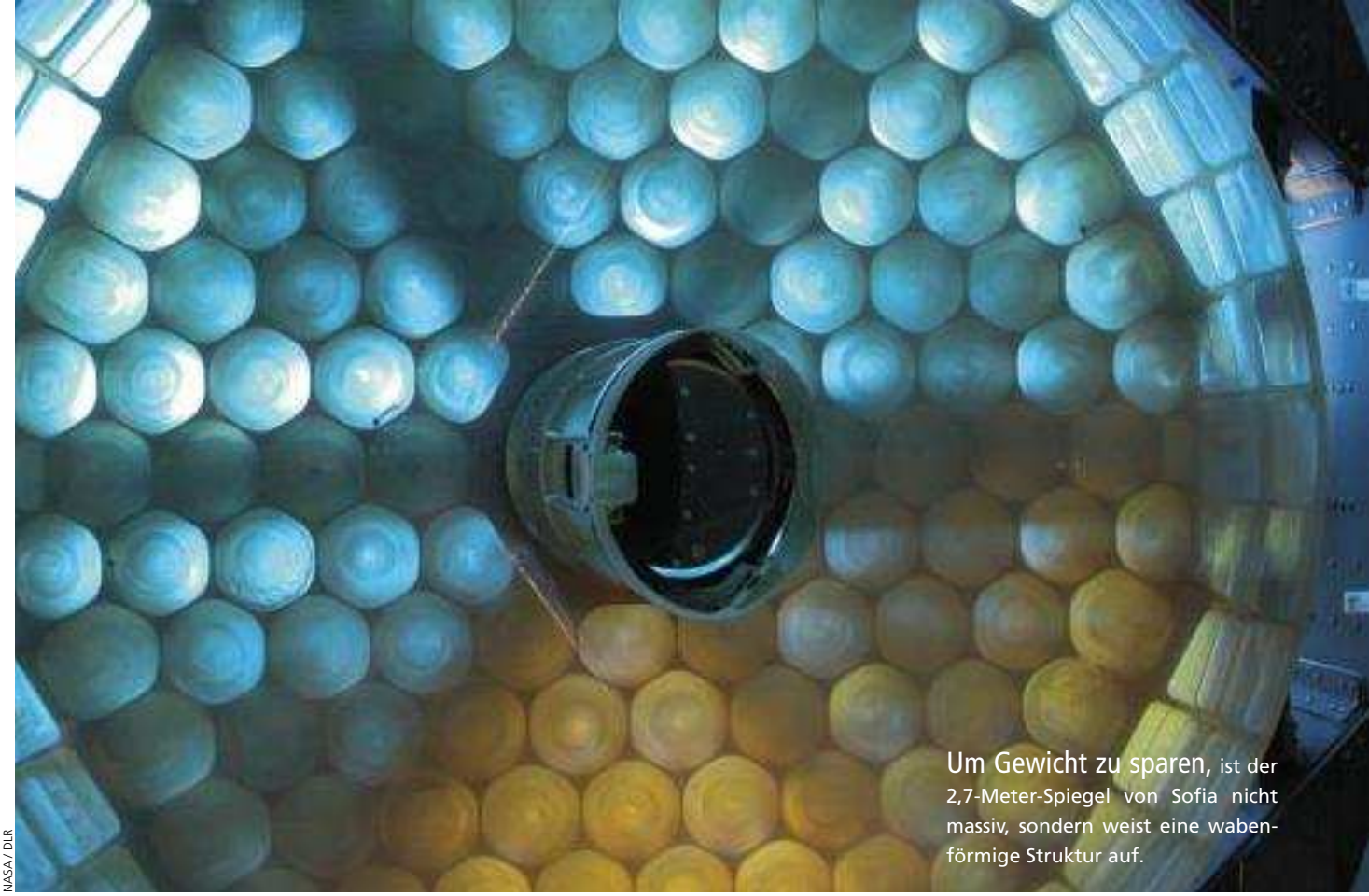
Trotz der ungleich größeren Öffnung und des gesteigerten Auflösungsvermögens von KAO waren die Arbeitsbedingungen an Bord immer noch nicht optimal. Anders als reine Passagiermaschinen besaß die Kabine des Starlifter eine unzureichende Wärmeisolierung, die der Mannschaft und den Wissenschaftlern nur wenig Schutz gegen die extrem niedrigen Außentemperaturen in großer Höhe bot. Außerdem waren die Triebwerke der C-141 sehr laut und vibrierten stark, was die Beobachtungen erschwerte. Dennoch sammelte das KAO von 1974 bis 1996 – also in mehr als zwanzig Jahren – erfolgreich Daten für die Forschung. Aus der langen Liste seiner wissenschaftlichen Erfolge seien nur die wichtigsten erwähnt: die Entdeckung der Uranusringe und der dünnen Methanatmosphäre auf Pluto. Auch die Bestätigung, dass Kometen zum großen Teil aus Wasser bestehen, sowie genaue Kenntnisse über die Verteilung von Wasser und organischen Molekülen im interstellaren Raum verdanken wir KAO.

Pläne für eine deutsche Flugzeugsternwarte vom Ende der 1980er Jahre wurden durch die Einflüsse der deutschen Wiedervereinigung auf den Haushalt des Forschungsministeriums dann allerdings erst einmal auf Eis gelegt. Die US-Seite verfolgte das ursprüngliche Gemeinschaftsprojekt dagegen in Eigenregie weiter, bis die Idee zehn Jahre später in Deutschland eine Renaissance erlebte. Schließlich kam man mit den amerikanischen Kollegen überein, dass Deutschland zwanzig und die Vereinigten Staaten achtzig Prozent der Kosten tragen sollten. Deutschland lieferte das Teleskop, von amerikanischer Seite wurde das Flugzeug gekauft: eine in den Jahren 1977 bis 1995 von den US-Fluggesellschaften PanAm und United Airlines im Linienverkehr eingesetzte Boeing 747 SP namens Clipper Lindbergh. Auch den notwendigen Umbau des Flugzeugs finanzierten die Vereinigten Staaten. Die Beobachtungszeit am Teleskop ist nach dem gleichen Schlüssel zwischen den beiden Staaten aufgeteilt.

Im Vergleich zu ihren Vorgängern ist Sofia geradezu luxuriös ausgestattet. Zwar gibt es in dieser verkürzten Version des Jumbojets keinen Cateringbereich. Das Flugzeug, das von der Nasa komplett zerlegt, wieder zusammengesetzt und frisch lackiert wurde, gleicht im Mo- >



Blick ins Innere Schemazeichnung der fliegenden Sternwarte Sofia



NASA / DLR

Um Gewicht zu sparen, ist der 2,7-Meter-Spiegel von Sofia nicht massiv, sondern weist eine wabenförmige Struktur auf.

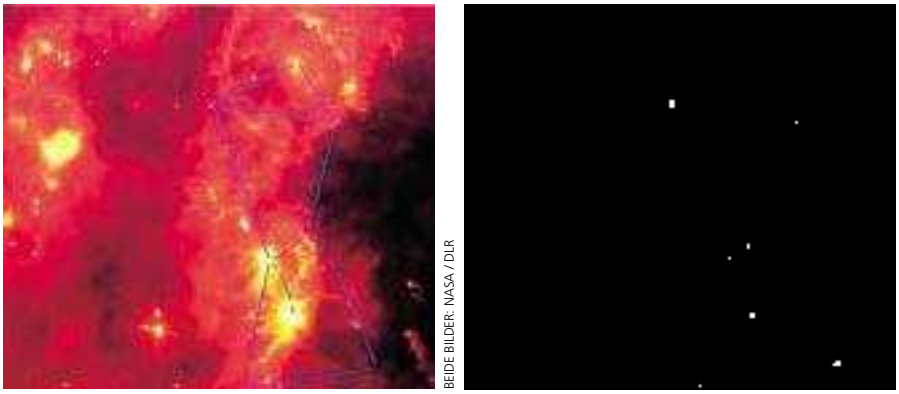
ment noch einer riesigen, leeren Scheune. Dennoch wird die Kabine der ehemaligen Passagiermaschine den mitfliegenden Wissenschaftlern und Technikern ein sehr komfortables Arbeitsumfeld bieten. In der ehemaligen ersten Klasse stehen darüber hinaus zehn Plätze für Besucher zur Verfügung. Wichtiger noch als der Komfort ist jedoch die Langstreckentauglichkeit der Boeing 747, denn zur Erforschung des Südhimmels sind regelmäßige Flüge von Neuseeland aus vorgesehen. Doch auch beim Einsatz über der Nordhalbkugel soll Sofia bis zu sechs Stunden über zwölf Kilometer hoch fliegen. Dort – weit oberhalb des die Beobachtung störenden Wettergeschehens – wird das Teleskop einen nahezu ungehinderten Blick nach oben haben.

»Wasserdampf, Luftverschmutzung und das Wetter befinden sich dann größtenteils unter uns«, erklärt Röser. Gerade der Wasserdampf in der Atmosphäre ist es, der verhindert, dass die infrarote Strahlung aus dem Kosmos die irdischen Teleskope erreicht. Bisher standen den Astronomen hierfür lediglich die Observatorien auf Hawaii in 4200 Meter Höhe oder hoch fliegende Satellitenobservatorien zur Verfügung. Besonders Satelliten sind jedoch extrem teuer und unflexibel. »Die Stationierung eines Infrarotteleskops auf einem Flugzeug, das jederzeit landen und wieder starten kann, bietet den beteiligten Astronomen die Möglichkeit, ihre Instrumente stets mit der neuesten Technik auszurüsten«, lobt der Stuttgarter Projektleiter. Die Forscher können bei Sofia sogar noch im Flug ihre Experimente optimieren und Fehler beheben. Sofia wird also billiger und moderner als jedes Weltraumteleskop.

Ähnlich wie beim Vorgänger wird die Optik von Sofia bei Start und Landung sowie am Boden durch ein Rolltor geschützt. Der Passagierraum ist durch ein Druckschott vom Instrument getrennt und bietet Platz für zehn bis 15 Wissenschaftler und Teleskopbetreuer.

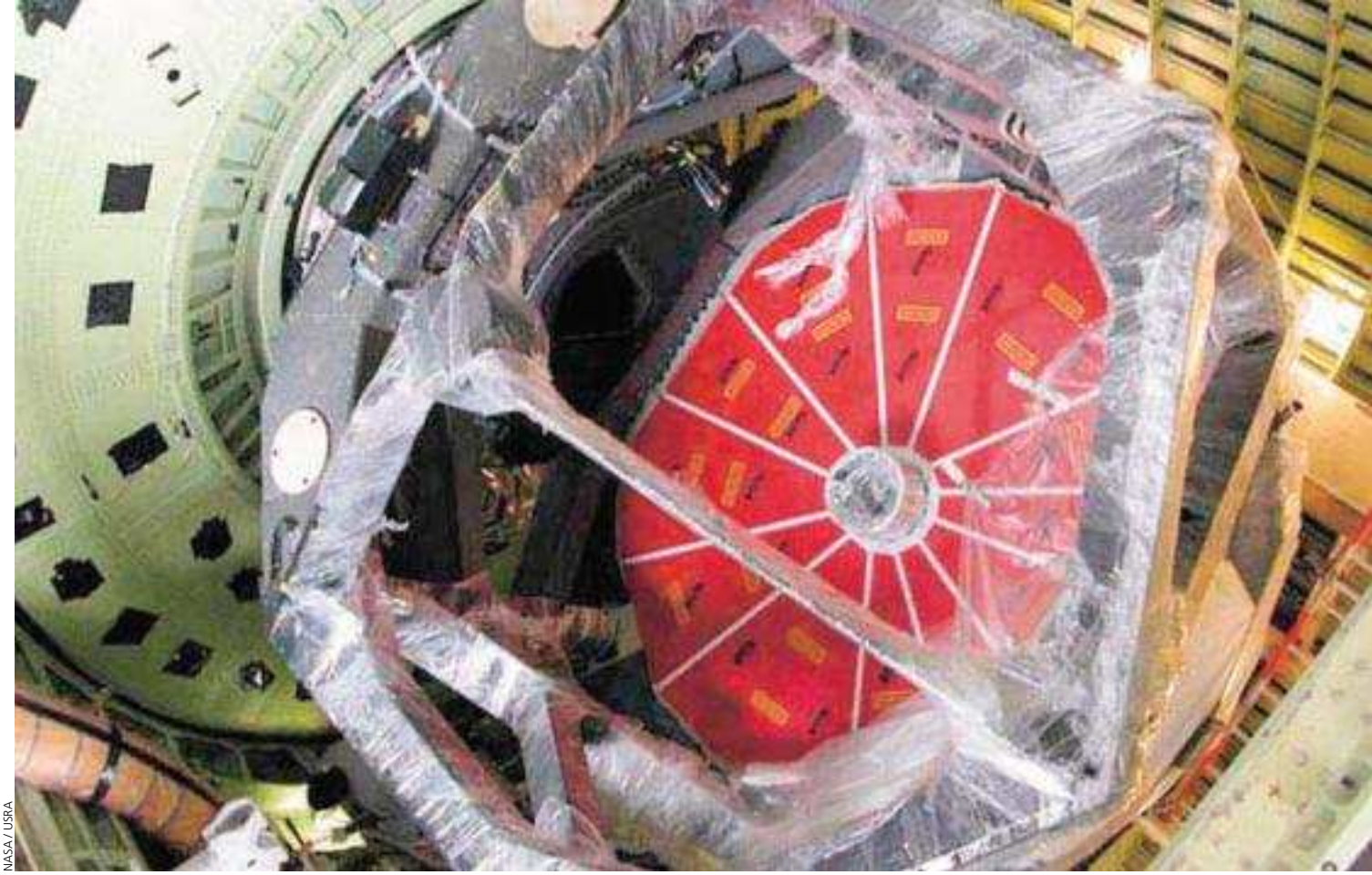
Wie über dem Schallloch einer Flöte

Das Herzstück von Sofia ist das in Deutschland gebaute, in zwei Achsen beweglich gelagerte 2,7-Meter-Teleskop. Seine Montage in den Flugzeugrumpf stellte die Ingenieure vor eine schwierige Aufgabe. Vor allem mussten umfangreiche Vorkehrungen getroffen werden, um Vibrationen beim Flugbetrieb so weit wie möglich zu minimieren. So ist die zentrale Achse des Teleskops durch zwölf luft-



BEIDE BILDER: NASA / DLR

Im Sternbild Orion sind die Materiewolken so kühl, dass sie nur im Infraroten strahlen (links). Erst wenn sie sich stark verdichtet haben und zu Sternen geworden sind, strahlen sie auch im sichtbaren Licht (rechts).



NASA / USRA

Eingeschweißt Blick auf das fertig montierte Teleskop in der Ladebucht von Sofia

gefüllte Stoßdämpfer vom Rest der Flugzeugstruktur entkoppelt. Das zweiteilige Rolltor wird immer nur so weit geöffnet, wie es für die Arbeit des Teleskops unbedingt notwendig ist. Sein hinterer Teil ist aerodynamisch so geformt, dass im Innern der Teleskopbucht möglichst wenig Turbulenzen entstehen – keine leichte Aufgabe, wie jeder weiß, der einmal bei Tempo 180 auf der Autobahn das Seitenfenster geöffnet hat. Und Sofia erreicht sogar 0,8fache Schallgeschwindigkeit! »Noch benimmt sich das Flugzeug wie eine fliegende Flöte«, beschreibt Röser. »Wie über dem Schallloch einer Flöte entstehen am rund zehn Quadratmeter großen Loch im Flugzeugrumpf starke Turbulenzen, sehr viel Akustik und vermutlich auch Störungen, die wir erst noch beherrschen lernen müssen.«

Die Informationen aus der Wärmestrahlung des Kosmos sind für die Astronomen deshalb von so unschätzbarem Wert, weil viele – vor allem sehr kalte – Himmelskörper überwiegend im infraroten Teil des Spektrums Strahlung aussenden. Dazu gehören die großen Gasplaneten in unmittelbarer Nachbarschaft der Erde, Kometen, Asteroiden sowie Pluto und die so genannten Transneptun-Objekte wie Sedna im Kuiper-Gürtel unseres Planetensystems. Von ihrer Erforschung erhoffen sich die Astrophysiker Antworten auf manche Fragen nach der Entstehung des Sonnensystems. Aber auch aus der Untersuchung protoplanetarer Scheiben, die als Vorstufe von Planetensystemen gelten, sowie durch die Entdeckung neuer Exoplaneten (siehe AH November 2004, S. 16) versprechen sich die Forscher mit Sofias Hilfe neue Erkenntnisse.

Alles durchdringende Wärmestrahlung

Da Wärmestrahlung problemlos durch dunkle Gas- und Staubwolken dringt, werden junge Sterne und Planetensysteme, ferne Galaxien, Staubnebel und das Zentrum unserer Milchstraße, in dem die Wissenschaftler ein Schwarzes Loch vermuten, mit einem Mal »sichtbar«. Die Geburt eines Sterns oder eines ganzen Sonnensystems zu beobachten wird zu den spannendsten Tätigkeiten an Bord von Sofia gehören. »Wir haben schon viele Sterne sterben sehen, doch wir haben keine Ahnung, ob die Geburt eines Sterns eine Sekunde, eine Stunde oder Jahrtausende dauert«, so Röser.

Aber auch extrem weit entfernte Objekte aus der Frühzeit des Universums sind für die Astronomen interessant. Da das Licht heißer, junger Sterne schon Millionen oder gar Milliarden Jahre unterwegs ist, sieht man sie heute von der Erde aus so, wie sie damals waren. Ihre Spektren sind dabei vom ultravioletten und optischen Bereich in den Infrarotbereich »rot-verschoben«. Und genau dort liegt die Stärke von Sofia.

Flugzeugobservatorien haben – ebenso wie Satelliten – ihren einzigartigen Anwendungsbereich und sollten daher als Ergänzung statt als Konkurrenz angesehen werden. Die Forscher nutzen heute die Vorteile beider Systeme, um den Geheimnissen des Weltalls auf die Spur zu kommen.

Sofia wird – so viel ist bereits heute klar – für lange Zeit das größte Instrument auf einem Flugzeug sein. Ihre Konstrukteure und Erbauer träumen angesichts des neu vorgestellten Airbus A380 allerdings schon jetzt von der nächsten Generation fliegender Großteleskope. <<

Stephan Fichtner ist Redakteuer bei ASTRONOMIE HEUTE und lebt in Stuttgart. Wenn das deutsche Infrarotteleskop das erste Mal in der Schwabenmetropole einschwebt, wird er sicherlich auch vor Ort sein.

DER MAGNETISCHE

Von Sonnenflecken bis hin zu Quasaren – überall im Universum spielen Magnetfelder eine wichtige Rolle.

>> Rainer Kayser

Das Weltall gleicht einem Uhrwerk: Stetig ziehen die Gestirne ihre Bahnen, nur die gegenseitige Schwerkraft-Anziehung bestimmt ihren Lauf. Doch halt – war da nicht noch etwas? Tatsächlich ist die Gravitation nicht die einzige Kraft, die das Geschehen im Universum beeinflusst: Magnetfelder spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Sie schützen die Erde vor hochenergetischen Teilchen aus dem All, beeinflussen die Entstehung von Sternen und bündeln gewaltige Plasmastrahlen bei aktiven Galaxienkernen und fernen Quasaren, den »Leuchtfeuern« des Kosmos.

Wir sind auf der Oberfläche unseres Heimatplaneten ständig von natürlichen und technischen Magnetfeldern umgeben. Dies macht den Magnetismus für uns zu einer alltäglichen Erscheinung. Doch kosmische Magnetfelder können an Stärke alles übertreffen, was wir von der Erde her kennen. Insbesondere Magnetare – eine exotische Sorte von Neutronensternen – weisen an ihrer Oberfläche Feldstärken auf, die eine Million Milliarden Mal größer sind als die Stärke des irdische Magnetfelds.

Wie solche kosmischen Supermagnete entstehen, konnten jüngst amerikanische Astronomen zeigen: Sie sind

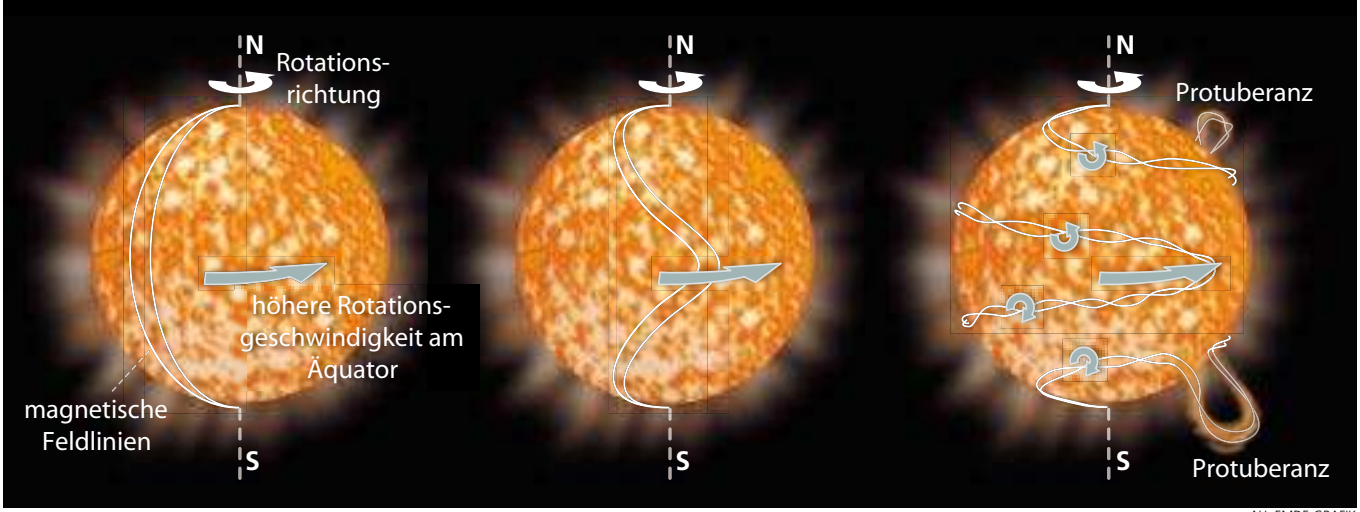
NASA, DANA BERRY

So könnte die Akkretionsscheibe um ein Schwarzes Loch aussehen. Die nach oben und unten austretenden Jets werden von immensen Magnetfeldern angetrieben; die Krümmung des Raumzeitkontinuums verursacht die ungewöhnliche Form der Scheibe.

die Überreste sehr massereicher Sterne, die am Ende ihres Lebens in einer Supernova-Explosion vergehen. Die zurückbleiben Neutronensterne rotieren 500- bis 1000-mal in der Sekunde – zehnmal schneller als gewöhnliche Neutronensterne. Diese überaus rasante Umdrehung ist der Grund für die starken Felder der Magnetare.

Wie wichtig Magnetfelder überall im Kosmos sind, sieht man schon an unserer Sonne. Dem bloßen Auge erscheint sie lediglich als eintönig hellgelbe Scheibe. Doch der Blick durchs Teleskop mit geeigneten Filtern und Blenden offenbart eine Vielzahl aufregender Phänomene: Sonnenflecken, Sonnenfackeln, leuchtende Bögen und Wolken über der Sonnenoberfläche (»Protuberanzen«) sowie gewaltige Explosionen (»koronale Massenauswürfe«). Es ist das Magnetfeld unseres Zentralgestirns, das all diese gewaltigen Prozesse antreibt.

Warum hat die Sonne überhaupt ein Magnetfeld, woher kommt es? Auch die Erde verfügt über ein solches – wenngleich viel schwächeres – Feld. Sowohl das Magnetfeld der Sonne als auch das der Erde entstehen durch ähnliche Mechanismen wie bei einem Elektrogenerator (siehe auch »Die Solar-Stellar-Connection«, AH Mai/Juni >



AH, EMDE-GRAFIK

> 2003, S. 32). Dabei spielt die so genannte Selbsterregung eine wichtige Rolle – ein komplizierter Vorgang, der im Falle unseres Zentralgestirns noch nicht völlig verstanden ist.

Bei der Selbsterregung schaukeln sich Magnetfelder durch Rückkopplungsprozesse immer weiter auf, bis sie einen Gleichgewichtszustand oder eine Art Sättigungswert erreichen. Dabei können gewaltige Feldstärken entstehen – das Magnetfeld der Sonne zum Beispiel ist etwa tausendmal so stark wie das der Erde. Im Wesentlichen läuft Folgendes ab: Elektrisch geladene Teilchen bewegen sich durch ein Magnetfeld und erfahren eine ablenkende Kraft – die Lorentzkraft –, die zur Folge hat, dass elektrische Spannungen und elektrische Ströme entstehen, die das Feld weiter verstärken. Das stärkere Magnetfeld bewirkt größere Lorentzkräfte und höhere Spannungen, wird dadurch noch weiter verstärkt und so fort. Der entscheidende physikalische Mechanismus bei diesem Vorgang ist, dass bewegte elektrische Ladungen magnetische Felder erzeugen.

Im Innern der Sonne gibt es jede Menge bewegte Ladungen. Die dort vorhandenen Atome werden nämlich durch die hohen Temperaturen – mehrere tausend bis Millionen Grad Celsius – in Ionen verwandelt: Sie verlieren Elektronen, die fortan frei und ungebunden herumflitzen können. Den entstehenden Mix aus elektrisch geladenen, ionisierten Atomen und freien Elektronen nennen die Physiker Plasma. In den äußeren Schichten der Sonne wird das Plasma stark umhergewirbelt. Diese turbulente Bewegung erzeugt das Magnetfeld unseres Zentralsterns.

Im Gegensatz zur Erde rotiert die Sonne nicht wie ein starrer Körper. Sie dreht sich in der Nähe ihres Äquators schneller als in der Nähe ihrer Pole. Während sie

Der Sonnenäquator dreht sich schneller als die Sonnenpole und reisst dabei die magnetischen Feldlinien mit sich. Dadurch wickelt er sie immer mehr auf und verdreht sie zu gebündelten »Magnetschläuchen«.

Das Magnetfeld der Erde schwächt sich ab – eine Umkehr steht bevor

Die Entstehung des Erdmagnetfelds ist ein komplizierter, bis heute nicht restlos geklärter Prozess. Wie bei der Sonne spielt auch hier die Selbsterregung eine Rolle. In einer Tiefe von rund 3000 Kilometern führen Temperaturunterschiede zwischen dem heißen flüssigen Erdkern und dem kühleren, ebenfalls flüssigen Erdmantel zur Entstehung von auf- und absteigenden Strömungen (Konvektionsströmungen). Dabei bewegen sich auch elektrische Ladungsträger, es fließen also elektrische Ströme – und diese Ströme erzeugen wiederum Magnetfelder, ähnlich wie in einem Elektrogenerator.

E.ON

Doch die Strömungen im Erdinnern sind turbulent und chaotisch. Entsprechend schwankt auch das Erdmagnetfeld. Etwa alle 500 000 Jahre bricht das Magnetfeld unseres Planeten total zusammen und baut sich anschließend mit vertauschten Polen wieder auf. Das letzte derartige Ereignis fand vor 780 000 Jahren statt – eine erneute Feldumkehr ist also längst überfällig.

Tatsächlich beobachten die Forscher derzeit eine stetige Abnahme der magnetischen Feldstärke. Seit 1979 hat das Magnetfeld der Erde etwa 1,7 Prozent seiner Stärke verloren, in einigen Regionen über dem Südatlantik sogar mehr als zehn Prozent. Fällt es weiter in diesem Tempo ab, so könnte es nach Ansicht vieler Geophysiker in den nächsten 2000 Jahren zu einer Polumkehr kommen.

Das irdische Magnetfeld entsteht durch Dynamoprozesse, wie sie so ähnlich in einem Elektrogenerator ablaufen.

Da bei einem solchen Wechsel zeitweilig die schützende Magnetosphäre ausfällt, befürchten einige Wissenschaftler ernste Konsequenzen für das Leben auf der Erde. Doch traten in der Erdgeschichte schon häufig Polumkehrungen auf, ohne dass es zu Massensterben gekommen wäre. Der Astrophysiker Harald Lesch von der Universität München glaubt zu wissen warum: Seiner Ansicht nach produziert die Atmosphäre einen Ersatzschild. Die nach dem Zusammenbruch der Magnetosphäre in die Atmosphäre eindringende Strahlung führt dort, so Lesch, zu einer starken Ionisierung, die ihrerseits elektrische Ströme und Magnetfelder erzeugt.

2009 soll die »Swarm«-Mission der Esa starten. Dabei begeben sich drei Satelliten in unterschiedliche, über die Polgebiete der Erde führende Umlaufbahnen. Gemeinsam sollen sie das Erdmagnetfeld und seine Schwankungen in bislang unerreichter Präzision untersuchen.

NASA, TRACE

Protuberanzen können die Form leuchtender Bögen annehmen und riesige Ausmaße erreichen. Um die Größe zu verdeutlichen, ist maßstabsgetreu die Erde eingezeichnet (oben rechts).

am Äquator 25 Tage für eine Umdrehung braucht, sind es an den Polen etwa 35 Tage. Diese uneinheitliche Geschwindigkeit – man sagt auch »differenzielle Rotation« – führt dazu, dass sich das Sonnenmagnetfeld regelrecht verheddert: Die Magnetfeldlinien um unser Zentralgestirn werden fortlaufend wie Spagetti aufgewickelt. Manche davon klumpen zusammen, was zur Folge hat, dass in den äußeren Schichten der Sonne zahlreiche schlauchförmige Magnetfeldbündel entstehen.

Geburt und Tod von Sternen

Wenn so ein Magnetschlauch die Oberfläche der Sonne durchstößt, erzeugt er an den beiden Durchstoßpunkten zwei starke magnetische Pole. Wir nehmen sie als dunkle Sonnenflecken wahr. Warum? Weil die von ihnen ausgehenden Magnetfelder das Aufsteigen heißer Materie aus dem Sonneninnern verhindern. Die Sonnenoberfläche kühlt an den entsprechenden Stellen ab und hat dort dann auch eine geringere Helligkeit.

In den Magnetschläuchen, die sich von den Sonnenflecken aus ins All erstrecken, sammelt sich glühendes Gas aus den äußeren Schichten der Sonne. Es sorgt dafür, dass wir die Magnetschläuche sehen können – nämlich in Form der Protuberanzen, jener gleißenden Bögen, die weit über die Sonnenoberfläche aufragen (siehe Foto oben). Eine solche Protuberanz kann mehrere hunderttausend Kilometer messen – vergleichen Sie in dem Bild die Größe der eingezeichneten Erde mit der des leuchtenden Bogens!

Bisweilen geschieht es, dass Magnetpole entgegengesetzter Polarität auf der Sonnenoberfläche zusammenstoßen. Dann kommt es häufig zu einer explosionsartigen Freisetzung gewaltiger Energiemengen. Solche Eruptionen sind sehr heftig und schleudern oft viele Milliarden Tonnen heißes Gas ins All. Treffen die dahinrasenden Gaswolken auf die Erde, können sie geomagnetische Stürme auslösen und spektakuläre Polarlichter, Störungen des Funkverkehrs, Stromausfälle und sogar Satellitenabstürze bewirken.

Die Anzahl der Sonnenflecken und die Häufigkeit von Eruptionen schwanken in einem etwa elfjährigen Zyklus. Untersuchungen unseres Zentralsterns zeigten, dass es sich eigentlich um einen 22-jährigen Zyklus handelt. Alle elf Jahre kehrt sich die Richtung des Sonnenmagnetfelds um – erst nach 22 Jahren ist also jeweils der alte Zustand wieder hergestellt.

Unsere Sonne ist indes nicht der einzige Stern mit einer von Magnetfeldern bestimmten Aktivität. Die Astronomen konnten inzwischen bei vielen Sternen dunkle Flecken und Protuberanzen nachweisen und teilweise sogar ihre Magnetfelder messen. Durch genaue Analysen der Helligkeitsschwankungen und Linienspektren der Sterne lassen sich auf indirektem Weg Bilder ihrer Oberflächen produzieren. Im Zuge solcher Untersuchungen stellten Forscher sogar fest, dass auch andere Sterne eine differenzielle Rotation aufweisen – ähnlich wie wir sie von der Sonne kennen.

Ganz allgemein scheinen Magnetfelder eine wichtige Rolle sowohl bei der Geburt als auch beim Tod von Sternen zu spielen. In den dichten Gaswolken, aus denen Sterne entstehen, fanden die Astronomen Magnetfelder, deren Stärke ausreicht, um die Sternentstehung entscheidend zu beeinflussen. So könnte das Feld einerseits einen zu schnellen Kollaps der kontrahierenden Gaswolken verhindern. Andererseits könnte es jungen Sternen dabei helfen, Drehimpuls nach außen abzuführen und auf solche Weise die beim Zusammenziehen der Gaswolke immer rascher werdende Rotation abzubremsen. >

AH, STEPHAN RICHTNER

Polarlichter sind im Norden Europas nicht selten, da die geladenen Teilchen des Sonnenwinds entlang den Erdmagnetfeldlinien tief in die Atmosphäre eindringen können.

> »Es ist eine heiß diskutierte Frage, ob Sterne ohne Magnetfelder überhaupt entstehen könnten«, weiß Rainer Beck, der am Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn arbeitet. Günther Rüdiger vom Astrophysikalischen Institut Potsdam – wie Beck einer der führenden deutschen Experten für kosmische Magnetfelder – ergänzt: »Würden die Magnetfelder nicht den Drehimpuls der anfänglichen Gaswolke kontinuierlich nach außen abführen, so müsste unsere Sonne sich einmal pro Sekunde um sich selbst drehen.« Bei solchen Rotationsgeschwindigkeiten, legt Rüdiger dar, wirken jedoch derart enorme Fliehkräfte, dass die Sonne buchstäblich auseinander stiebe. Mit anderen Worten: Es käme erst gar nicht zur Sternentstehung – die Kontraktion der Gaswolke würde schon lange vorher gestoppt.

Junge Protosterne sind zumeist von einer so genannten Akkretionsscheibe aus ionisiertem Gas umgeben, aus der ständig Materie auf den entstehenden Stern herabfällt. Solche Akkretionsscheiben gibt es nicht nur bei jungen Sternen, sondern auch bei Sternleichen, die in Doppelsternsystemen ihrem Partner Materie entreißen.

Magnetfelder beeinflussen die Form Planetarischer Nebel

Vor 200 Jahren suchte der in Deutschland geborene und nach England emigrierte Astronom William Herschel den ganzen Nachthimmel systematisch nach unbekannten Objekten ab. Dabei stieß er auf zahlreiche nebelhafte Erscheinungen. Er taufte sie »Planetarische Nebel«, weil ihr Anblick ihn an den kurz zuvor von ihm entdeckten Planeten Uranus erinnerte.

Doch diese Gebilde haben nichts mit Planeten zu tun. Schon Herschel erkannte, dass sich in ihrem Zentrum jeweils ein Stern befindet. Ein Planetarischer Nebel besteht aus dünnem, ionisiertem Gas und kündet, wie wir heute wissen, vom Tod eines Sterns. Ist nämlich dessen Wasserstoffvorrat im Innern verbraucht – bei unserer Sonne in etwa fünf Milliarden Jahren – bläht der Stern sich gewaltig auf, wird zu einem Roten Riesen und stößt dann einen großen Teil seiner äußeren Schichten ins Weltall ab. Übrig bleibt ein Weißer Zwerg – ein extrem dichter und heißer Stern von der Größe unserer Erde. Die von ihm ausgesandte energiereiche Strahlung ionisiert das zuvor abgestoßene Gas in der Umgebung und lässt so den Nebel aufleuchten.

In der Milchstraße gibt es schätzungsweise 10000 Planetarische Nebel. Ihre vielfältigen und teils verblüffenden Formen hängen von vielen Faktoren ab: vom Verlauf des Todeskampfs des Sterns, vom Blickwinkel, aus dem wir den Nebel sehen, davon, ob der Stern Teil eines Doppelsystems ist – und von der Stärke und Orientierung seines Magnetfelds.

Unlängst gelang es Astronomen aus Heidelberg, Tübingen und Erlangen-Nürnberg, Magnetfelder in Zentralsternen Planetarischer Nebel nachzuweisen. Das Team fand erstmals direkte Hinweise darauf, dass Magnetfelder tatsächlich die Form dieser Objekte prägen. So kann das Gas den Stern am einfachsten an seinen magnetischen Polen verlassen – eine Erklärung, warum viele dieser Erscheinungen eine zweipolige Struktur aufweisen.

STSCI

Der Stundenglasnebel ist ein besonders prachtvolles Exemplar unter den Planetarischen Nebeln.

Nicht alle Sterne erzeugen am Ende Planetarische Nebel. Nur solche mit mindestens 1,2facher Sonnenmasse können genug Materie abstoßen. Zu schwer dürfen sie aber auch nicht sein: Bei mehr als zehnfacher Sonnenmasse vergehen sie in einer Supernova, zurück bleibt ein Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch.

ßen – zum Beispiel Weiße Zwerge, Neutronensterne und Schwarze Löcher. Auch in aktiven Galaxienkernen und Quasaren stießen Astronomen auf dieses Phänomen. Damit in den Akkretionsscheiben überhaupt Materie ins Zentrum gelangen kann, muss Drehimpuls von innen nach außen abgeführt werden.

Eine wichtige Rolle dabei spielt die »Magnetorotationsinstabilität« (MRI): In einem elektrisch leitfähigen Medium, wie es das Plasma in der Scheibe darstellt, bewegen sich die magnetischen Feldlinien mit der Strömung der Materie mit. Die differenzielle Rotation der Scheibe führt dadurch zum Aufbau magnetischer Spannungen, die dann ihrerseits turbulente Bewegungen in der Scheibe auslösen. Diese bewirken den Abtransport des Drehimpulses nach außen.

Gebündelt ins All

Ein weiteres, durch die Magnetfelder verursachtes Phänomen sind die so genannten »Jets«, zwei entlang der Pole eines Himmelsobjekts nach außen gerichtete, eng gebündelte Plasmastrahlen. Bei jungen Sternen können die Jets eine Länge von mehreren Lichtjahren haben. Dass sie über so große Strecken hinweg fokussiert bleiben, deutet auf eine gewichtige Rolle der Magnetfelder bei ihrer Entstehung und Aufrechterhaltung.

Quasare und aktive Galaxienkerne können gar Jets aufweisen, die sich Millionen von Lichtjahren weit in den Kosmos erstrecken. In ihrem Zentrum befinden sich Schwarze Löcher mit Massen im Bereich des Mehrmilliardenfachen der Sonnenmasse. Diese Monster reißen bei ihrer Rotation den umgebenden Raum mit sich (»Lense-Thirring-Effekt«) – dadurch wickeln sich die magnetischen Feldlinien wie Spagetti um den Äquator des Schwarzen Lochs herum. Modellrechnungen zeigen, dass es schließlich zu Instabilitäten kommen kann: In dem aufgewickelten Magnetfeld bilden sich gewaltige Spannungen, die sich irgendwann an den Polen entladen und dabei entlang der Jets Materie ins All katapultieren.

Raumfahrer mit Magnetfeldern schützen

Ein bemannter Flug zum Mars ist gefährlich. Außerhalb der Magnetosphäre der Erde wären die Raumfahrer ungeschützt der Kosmischen Strahlung ausgesetzt. Ein besonders großes Risiko stellen Eruptionen auf der Sonne dar, die hochenergetische Protonen ins All katapultieren. Bereits ein einziger derartiger Teilchenschauer könnte den Raumfahrern eine tödliche Strahlendosis verpassen.

Doch warum nicht von der Natur lernen? Die Erde schützt seit Jahrmilliarden die empfindlichen Lebensformen auf ihrer Oberfläche mit einem Magnetfeld. Könnten künftige Reisende ihr Raumschiff nicht auch in eine künstliche Magnetosphäre hüllen? Unter der Leitung des Exastronauten Jeffrey Hoffman geht ein Forscherteam am Massachusetts Institute of Technology in Cambridge, USA, im Auftrag der Nasa dieser Frage nach.

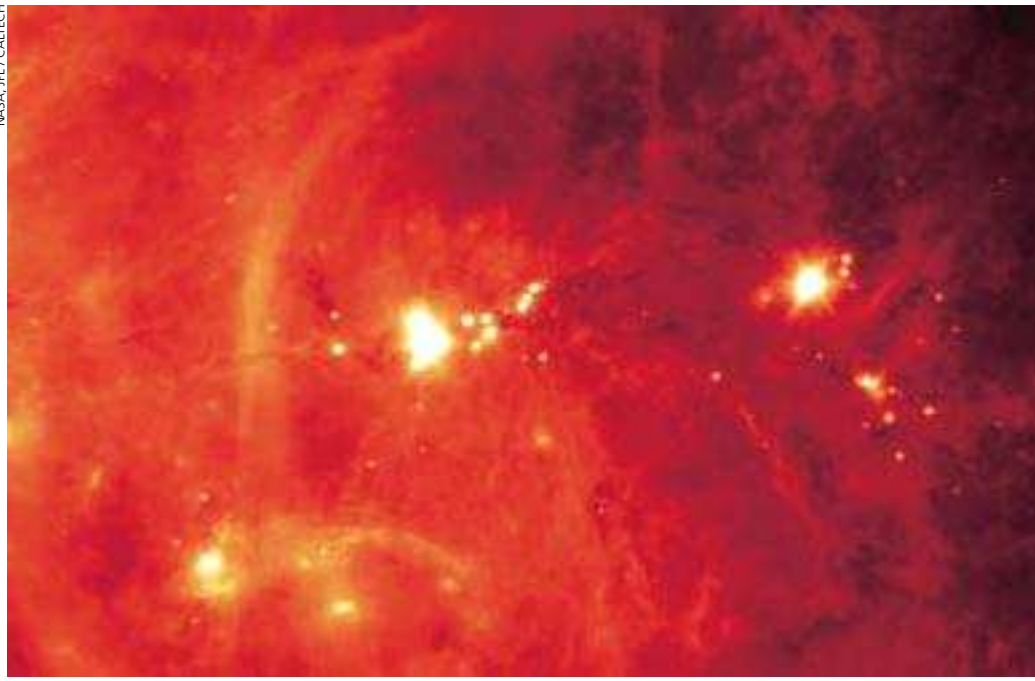
Die Idee eines magnetischen Schutzschildes stammt bereits aus den 1960er Jahren. Doch erst in jüngster Zeit gibt es supraleitende Magnete, die im Stande sind, ausreichend starke Magnetfelder zu erzeugen. Überdies können sie Magnetfelder über lange Zeit hinweg nahezu ohne Energiezufuhr stabil aufrechterhalten. Allerdings, das ist die Kehrseite der Medaille, müssen sie auf Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt gekühlt werden.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Künftige Raumschiffe könnten einen Magnetschutzschild haben.

Erste Erfahrungen mit supraleitenden Magneten im Weltall kann die Nasa demnächst mit dem »Alpha Magnetic Spectrometer« (AMS) sammeln. Der Detektor soll von der Internationalen Raumstation aus drei Jahre lang mit Hilfe seines Magnetfelds die Teilchen der Kosmischen Strahlung einfangen und analysieren.

Hoffman glaubt, dass künftige Raumschiffe sich am besten mit einem Hybridsystem aus einem Magnetschild und einer absorbierenden Hülle schützen könnten. »So macht es die Erde«, erklärt der Exastronaut mit Blick auf die Schutzfunktion der irdischen Atmosphäre, »und es gibt keinen Grund, warum wir es nicht auch so machen sollten.«



NASA, JPL / CALTECH

Ohne Magnetfelder wäre die Entstehung von Sternen vermutlich nicht möglich. Bildmitte: DR21, eines der größten neugeborenen Gestirne in der Milchstraße.

NASA, DANA BERRY

Auch Neutronensterne sind häufig von Akkretionsscheiben umgeben. Berechnungen vermitteln eine Vorstellung davon, wie diese aussehen könnten.

> Die mit diesen Jets ins All transportierten Magnetfelder enthalten genügend Energie, um völlig losgelöst von ihren Ursprüngen – sogar nachdem der Quasar längst erloschen ist – weiter zu existieren. Wie Simulationen amerikanischer und kanadischer Astrophysiker zeigen, können die frei vagabundierenden Magnetfelder sogar eine Art von Eigenleben entwickeln: Während sie sich ausdehnen, fegen sie die Materie zwischen den Galaxien zusammen. Dadurch kommt es im intergalaktischen Medium zu riesigen Stoßwellen, die wiederum zur Beschleunigung von elektrisch geladenen Teilchen und in der Folge zur Verstärkung der Magnetfelder führen. Die Forscher schätzen, dass zehn bis zwanzig Prozent des Raums zwischen den Galaxien von solchen geisterhaften Magnetfeldern erfüllt sind.

Heute ist unumstritten, dass Magnetfeldern bei vielen kosmischen Phänomenen eine wesentliche Bedeutung zukommt – angefangen von der Sternentstehung bis hin zu den spektakulären Phänomenen im Umfeld Schwarzer Löcher. Doch die dabei stattfindenden physikalischen Vorgänge haben die Astrophysiker noch längst nicht bis ins Detail verstanden. Bei den meisten dieser Erscheinungen stehen Plasma und Magnetfelder in komplexer Wechselwirkung miteinander: Die Bewegung des Plasmas erzeugt Magnetfelder, die Magnetfelder beeinflussen aber wiederum die Bewegung des Plasmas.

Eines der größten Rätsel der Astronomie betrifft die großräumige Struktur des Universums. Die Forscher fragen sich, welche Bedeutung Magnetfelder auf größeren Längenskalen haben. Sind sie für die Entstehung und Entwicklung von Galaxien wichtig, vielleicht sogar für die Anordnung der Galaxienhaufen und Superhaufen? Tatsächlich ist der gesamte Kosmos – auch im intergalaktischen Raum – von einem schwachen Magnetfeld durchdrungen.

Das große Rätsel

Aber ob dieses Feld bereits beim Urknall entstand oder erst später von den Jets der Quasare und aktiven Galaxien in den intergalaktischen Raum hinausgetragen wurde, ist bislang nicht geklärt. »Vielleicht könnte der Planck-Satellit diese Frage beantworten helfen«, hofft Beck. Planck soll 2007 starten und die bislang genauste Vermessung der Hintergrundstrahlung, also des »Echos des Urknalls«, vornehmen.

»Schon beim Urknall muss ein schwaches Magnetfeld entstanden sein«, mutmaßt Rüdiger, »denn sonst hätten sich die Galaxien nicht in der uns bekannten Weise herausbilden können.« Wo dieses ursprüngliche Feld herkommt, wissen die Forscher noch nicht – auch wenn es dafür viele exotische Theorien gibt. Das Magnetfeld der Galaxien beeinflusst die Magnetfeldbildung in jungen Sternen, die Felder der Sterne wiederum haben Einfluss darauf, wie die Magnetfeldbildung in den Planeten abläuft. Um das Ganze noch komplizierter zu machen, laufen die Prozesse auch in umgekehrter Richtung ab: Sternwinde und Sternexplosionen tragen magnetische Felder hinaus in die Galaxien, galaktische Jets tragen Magnetfelder in den intergalaktischen Raum.

Vor mehr als fünfzig Jahren erkannten die Astrophysiker, dass 99 Prozent der Materie im Kosmos elektrisch geladen ist. Damit war auch klar: Magnetfelder spielen wohl bei fast allen Vorgängen im Universum eine wesentliche Rolle. Aber trotz aller Fortschritte wissen die Forscher bis heute nicht, wie groß die Bedeutung dieser Felder tatsächlich ist. Nicht auszuschließen, dass unser Kosmos ohne Magnetfelder weder Galaxien noch Sterne und damit auch kein Leben enthielte. <<

Rainer Kayser schreibt regelmäßig für ASTRONOMIE HEUTE. Zuletzt erschien von ihm »Kosmische Vergrößerungsgläser« (AH 10/2004, S. 16).

DEM MONDSCHATTEN AUF DER SPUR

Eine totale Sonnenfinsternis gehört zu den beeindruckendsten Naturschauspielen überhaupt. Wenn sie vorbei ist, bleiben einem die Erinnerung, Fotos – und die Landkarten ihres Verlaufs.

>> Eli Maor

Meine erste totale Sonnenfinsternis erlebte ich am 26. Februar 1979. Dadurch wurde mein Interesse an der Kartierung von Sonnenfinsternissen geweckt. Landkarten des Finsternisverlaufs verknüpfen auf wunderbare Weise meine verschiedenen Interessen: Geografie, Geschichte, Kartografie und Astronomie. Da jede dieser Finsterniskarten eine eigene Geschichte erzählt, wurde die Beschäftigung mit ihnen zu einer lebenslangen Faszination.

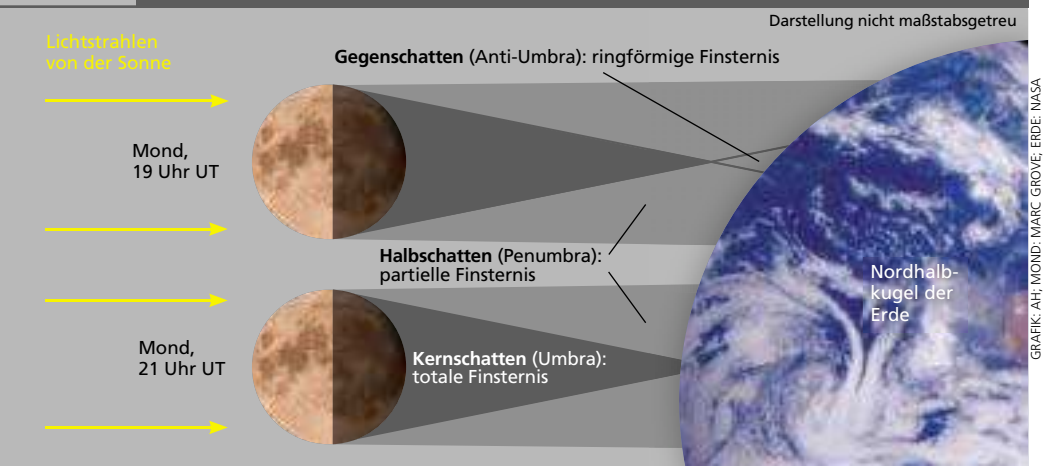
Heutzutage werden Finsterniskarten von Computerprogrammen gezeichnet. Sie brauchen nur unter http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html Fred Espenaks Nasa-Finsternis-Website aufzurufen, um solche Karten zu finden. Vor nicht allzu langer Zeit mussten sie allerdings noch von Hand gezeichnet werden und waren das Ergebnis von langwierigen, mühseligen Berechnungen. Die Bewegung der Erde um die Sonne, die des Monds um die Erde und die Drehung der Erde um ihre eigene Achse sind zu berücksichtigen und der Kartograf musste eine passende Kartenprojektion auswählen, mit der er den Verlauf des Mondschattens über die Erdoberfläche am besten darstellen konnte.

Eine der ersten Finsterniskarten moderner Art stammt vom englischen Astronom Edmond Halley (1656–1742), der durch den nach ihm benannten Kometen große Berühmtheit erlangte. Er fertigte eine Karte der totalen Sonnenfinsternis vom 22. April 1715 an (damals war in Großbritannien noch der julianische Kalender in Gebrauch, in Deutschland schrieb man bereits den 2. Mai). Zum ersten Mal seit sechshundert Jahren konnte ein solches Ereignis in London beobachtet werden. Halley beschäftigte sich viel mit der Bewegung des Monds, die im 18. Jahrhundert ein sehr wichtiger Forschungsgegenstand war, denn damit konnte man den genauen Längengrad eines Schiffs auf offener See bestimmen.

Deshalb war Halley in der Lage, alle notwendigen Daten zu berechnen, um den Weg des Kernschattens des Monds – Umbra genannt – in eine Englandkarte einzuzeichnen. Sein Werk erschien in hoher Auflage, wurde in den Straßen Londons verkauft und erregte große Aufmerksamkeit. Obwohl Halley die An- >

Erstmals 1715 wurde die Karte zur Finsternis über England aus der Vogelperspektive von Edmond Halley dargestellt.

Die ringförmig-totale Sonnenfinsternis vom 8. April 2005



GRAFIK: AH; MOND: MARC GROVE; ERDE: NASA

A Description of the Passage of the Shadow of the Moon, over England,
In the Total Eclipse of the SUN, on the 22d Day of April 1715 in the Morning.
Firth of Forth
THE GERMAN SEA
SCOTLAND
THE
IRISH SEA
IRELAND
St. GEORGE'S CHANNEL
I. Wight
THE CHANNEL
FRANCE

ADLER PLANETARIUM & ASTRON. MUS.

Fünf zentrale Finsternisse über dem Europa des 18. Jahrhunderts sind in dieser Karte aus dem Jahr 1794 mit London als Mittelpunkt eingezeichnet.

> fangs- und Endzeiten der Finsternis bis auf vier Minuten genau vorausberechnete, stellte sich heraus, dass die eingezeichnete Bahn der Finsternis um dreißig Kilometer neben der tatsächlichen lag. Und so haben sich auch einige Beobachter, die sich auf Halleys Karte verlassen hatten, später bei ihm beschwert, weil sie nur eine partielle Finsternis gesehen hatten.

Halley selbst beobachtete das Ereignis von Crane Court in London aus. Am Anfang und am Ende der Totalität bemerkte er ein Zerfallen der schmalen Sonnensichel in mehrere Teilstücke, ein Phänomen, das heute unter dem Namen Perlschnurphänomen oder Baily's Beads bekannt ist. Auch sah er rubinrote Protuberanzen, die am Rand der verfinsterten Sonne hervorzüngelten. Damals glaubten viele Astronomen, dass dies Teile der Mondatmosphäre wären. Erst im Jahr 1860 konnte der italienische Astronom Angelo Secchi mit Fotografien beweisen, dass die Protuberanzen von der Sonne kommen.

Im 18. Jahrhundert zogen fünf »zentrale« Finsternisse innerhalb eines Zeitraums von fünfzig Jahren über die britischen Inseln hinweg: Die ersten beiden in den Jahren 1715 und 1724 waren total und die anderen in den Jahren 1737, 1748 und 1764 ringförmig. Der Verlauf dieser fünf Finsternisse ist auf der kreisrunden Karte mit London im Mittelpunkt zu sehen, die 1794 veröffentlicht wurde (Abbildung oben).

Alles schon mal da gewesen

Der gesamte Pfad der Finsternis vom 25. Juli 1748 ähnelt in bemerkenswerter Weise der »Sofi« vom 11. August 1999, er verlief lediglich über dem Norden Deutschlands und nicht über dem Süden – der wurde dafür 1724 bedacht. Das Ereignis von 1748 wurde auf zwei Karten festgehalten. Eine davon (rechts) erschien im »Gentleman's Magazine« und trug den imposanten Titel »The Geography of the Great Solar Eclipse of July 14, MDCCXL VIII« (auch hier wieder die Differenz von elf Tagen zum heutigen gregorianischen Kalender). Diese Karte zeigt nicht nur den Verlauf der ringförmigen Finsternis, sondern auch das Aussehen der Sonne von 24 verschiedenen Orten aus, darunter auch dem schottischen Edinburgh (in der Karte »Edingburg« geschrieben), das genau auf der Zentrallinie lag. Als Beigabe zur Karte gab es ein kleines Büchlein über die Geschichte der Finsternisse, in dem man eine bewegende Beschreibung über deren Wiederkehr im großen Uhrwerk unseres Universums findet:

»Der komplette Umlauf aller Sonnenfinsternisse beansprucht einen Zeitraum, der fast genau der Hälfte eines Annus magnus (platonischen Jahrs, Anm. d. Red.) oder 12 000 Jahren entspricht, doch in nur tausend Jahren oder etwa sechzig chaldäischen Perioden (Saroszyklen, Periode von 18 Jahren, nach der sich die Finsternisse wiederholen, allerdings mit um ein drittel Erdumfang nach Westen verschobenen Pfaden, Anm. d. Red.) zeigen sich die Finsternisse in all ihrer Vielfalt auf dem Globus. Den größten Teil des Umlaufs aber erstreckt sich der Schatten in die Räume aus Äther und erreicht die Erde nicht. In diesen Teilen des Universums hat jeder Moment seit Anbeginn der Zeit eine Sonnenfinsternis und die Zahl der Momente, die der Erde zufallen, ist fast nichts dagegen.«

Eine andere Karte der Finsternis von 1748 wurde vom großen Schweizer Mathematiker Leonhard Euler (1707–1783) gezeichnet und im Dezember des Vorjahres veröffentlicht. Um diese Karte rankt sich eine richtige kleine Detektivgeschichte: Vor rund zwanzig Jahren bekam ich einen Brief von einem Händler antiker Landkarten, der mir mitteilte, dass er Eulers Finsterniskarte im Angebot habe. Ich habe die Karte sofort gekauft. Als ich sie intensiv studierte, fiel mir auf, dass am Rand »1tes Blat« steht. Offensichtlich gab es also noch ein zweites Blatt, was meine Sammlerleidenschaft weckte. Mehrmals schrieb ich dem Händler und flehte ihn an, für mich das zweite Blatt zu suchen, aber Fehlanzeige.

Eines Tages dann, als ich meine immer größer werdende Sammlung sortierte, fand ich eine Finsterniskarte, die ich einige Jahre früher vom selben Händler gekauft hatte, noch zusammengerollt in ihrer Transportverpackung. Sie trägt keinerlei Hinweise über ihren Urheber, nur die Bezeichnung »Zweytes Blat«. Da also befand sich die zweite Hälfte von Eulers

Werk, sie lag all die Jahre unbemerkt in meiner eigenen Bibliothek!

Eulers erstes Blatt (S. 36 oben links) beschreibt das Ereignis aus einer globalen Perspektive. Drei Hemisphären zeigen die Zentrallinie des Mondschattens verschiedener Stadien der Finsternis: zum Zeitpunkt der ersten Berührung mit der Erde, zur Mitte der Finsternis und wenn der Schatten die Erde verlässt. Unser Planet wurde dabei in stereografisch verzerrter Projektion gezeichnet, die den Vorteil hat, dass die Umrisse der Länder nahezu in gewohnter Form dargestellt werden. Ein vierter Globus mit Längen- und Breitengraden in orthografischer Projektion verzichtet auf geografische Einzelheiten. Hier hat er den Schattenlauf eingezeichnet, wie man ihn vom Mond aus gesehen hätte.

Das zweite Blatt (S. 34 oben rechts) zeigt den Verlauf der ringförmigen Finsternis über Europa mit Linien gleichen Bedeckungsgrads und Diagrammen, wie die Finsternis von Berlin, Nürnberg, St. Petersburg und Rom aus zu sehen war. Die Erklärungen sind in Deutsch und Französisch geschrieben, mit zusätzlichen Anmerkungen in Latein.

Überraschend ähnlich wie bei der »Sofi '99« verlief der Finsternispfad 1748 über die Erde. Am eindrucksvollsten war das Spektakel in Edinburgh.

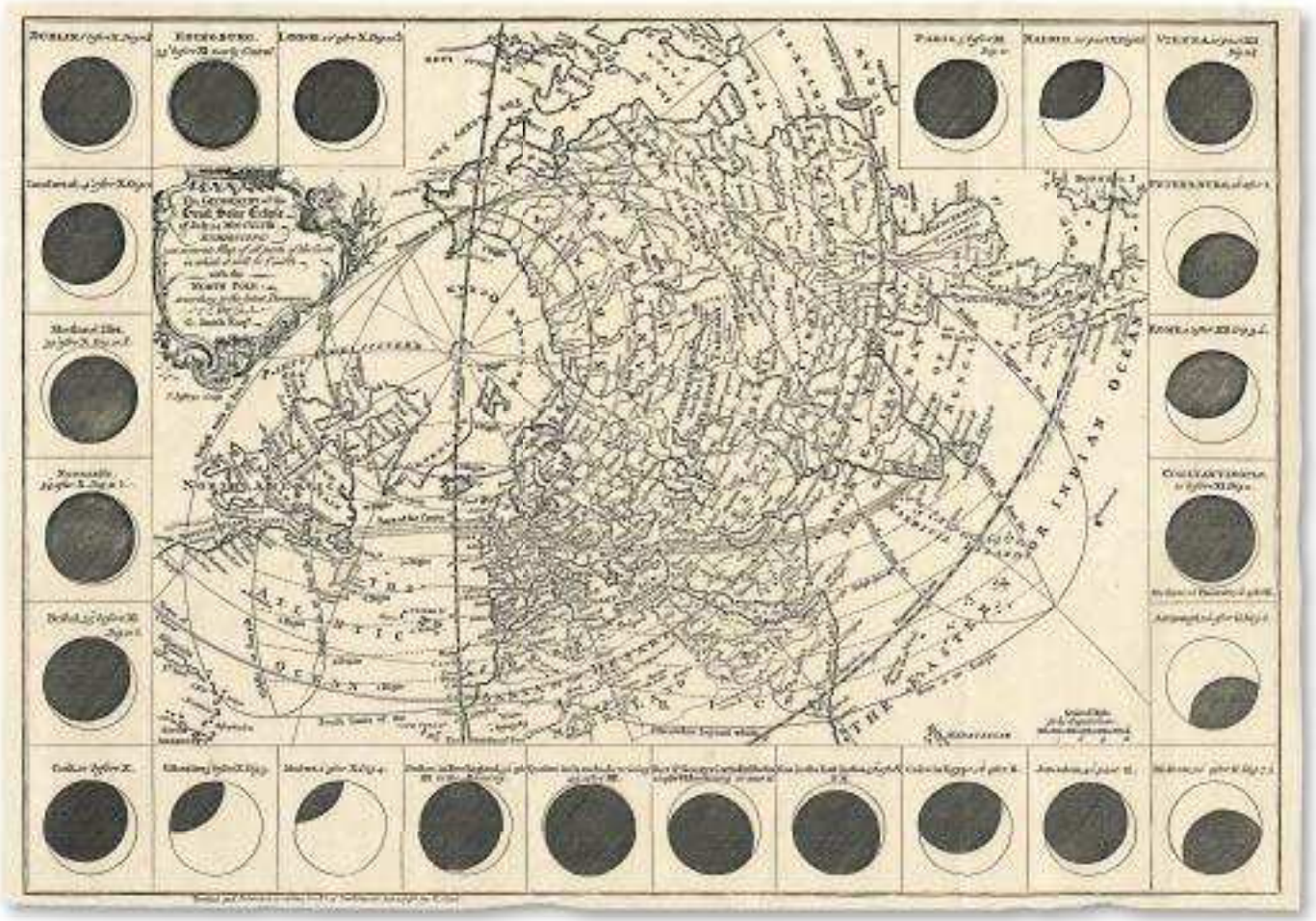
Eine Karte wie ein Schweizer Uhrwerk

Interessanterweise benutzt Euler auf der Karte den Begriff »Erd-Finsternis«. Er wollte damit zum Ausdruck bringen, dass eine Sonnenfinsternis von der Sonne oder vom Mond aus gesehen eigentlich eine Verfinsterung von Teilen der Erde ist. Heutzutage nennen wir so etwas bei anderen Himmelskörpern – zum Beispiel bei Jupiter und den Galileischen Monden – »Schattendurchgang« oder »Schattentransit«. Das ist meines Wissens das einzige Mal, dass auf einer Sonnenfinsterniskarte dieser Begriff gewählt wurde.

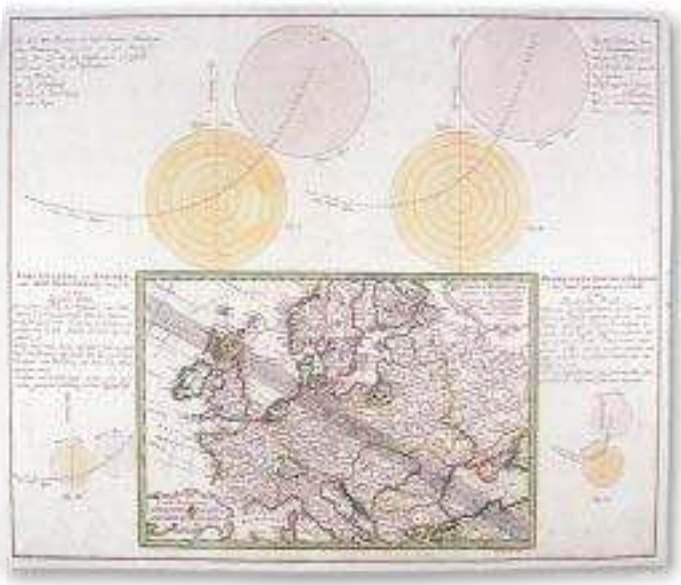
Wie Euler mit der Bezeichnung »Halbschatten« bei der Zentrallinie vermerkt, wird die Erde nur von der »Anti-Umbra« des Monds gestreift – denn es handelte sich um eine ringförmige Finsternis.

Üblicherweise wird eine Finsterniskarte lange Zeit vor dem eigentlichen Ereignis veröffentlicht, aber manchmal ist es genau andersherum. In einem Secondhand-Buchladen in London fand ich einmal eine kleine Karte, die den Verlauf der berühmten Finsternis des 28. Mai 585 v. Chr. zeigte. Nach dem griechischen Historiker Herodot wurde diese Finsternis vom Philosophen Thales von Milet aus dem 6. vorchristlichen Jahrhundert vorausgesagt. Herodot beschreibt, wie die Lydier und die Meder damals in eine heftige Schlacht verwickelt waren, aber vom plötzlichen Einbruch der Finsternis so überrascht waren, dass sie auf der Stelle alle Kampfhandlungen beendeten und einen Friedensvertrag schlossen.

Die Karte wurde erst 1753 in London von William Stuckley veröffentlicht, der sich beim Datum aber verrechnete und die Finsternis auf den 18. Mai 603 v. Chr. datierte. Experten streiten immer noch darüber, ob Thales wirklich in der Lage war, den genauen Zeitpunkt der Finsternis vorherzusagen, vom Verlauf der Schattenzone ganz zu schweigen. Er kannte allerdings den 18-jährigen Saroszyklus aus den >



ALLE BILDER DIESES ARTIKELS, SOFERN NICHT ANDERS ANGEGEGEBEN; MIT FRDL. GEN. VON ELI MAOR



einschlägigen Aufzeichnungen der Babylonier, also konnte er vielleicht das ungefähre Datum der Finsternis vorhersagen. Den Verlauf vorauszuberechnen ist aber eine andere Sache, denn das erfordert die Kenntnis des genauen Werts der Tageslänge. Wie dem auch sei, »Thales' Sonnenfinsternis« ist in die Annalen der Wissenschaftsgeschichte eingegangen, ebenso wie Newtons Beobachtung eines fallenden Apfels und Galileis Fallversuche vom schiefen Turm von Pisa.

Heutzutage werden kleine Finsterniskarten oft auf Briefmarken verewigt. Anlässlich der totalen Finsternis vom 9. März 1997 gab die Mongolei eine Briefmarke heraus, die den Verlauf der Schattenzone über dieses Land zeigte (S. 38). Es war eine kolorierte Adaption von Fred Espenaks Karte aus dem Nasa Eclipse Bulletin. Er und ich begleiteten damals eine kleine Expedition in die Mongolei zur Beobachtung dieser Finsternis, doch leider wurden wir auf unserem Beobachtungsplatz südlich der sibirischen Grenze eingeschneit. Nach unserer Rückkehr in unser Hotel in der Hauptstadt Ulan Bator überreichte uns die Dame an der Rezeption ein paar Ersttagsbriefe mit der Finsternismarke, die sie uns zurückgelegt hatte. Doch als Fred ihr zu erklären versuchte, dass die Finsterniskarte auf der Briefmarke aus seinem Nasa Eclipse Bulletin stammte, hat sie ihn nur ungläubig ausgelacht.

Der größte menschliche Finsternisrechner

Man darf eigentlich keinen Artikel über Finsterniskarten schreiben, ohne den größten Finsternisrechner aller Zeiten zu erwähnen: den österreichischen Astrono-

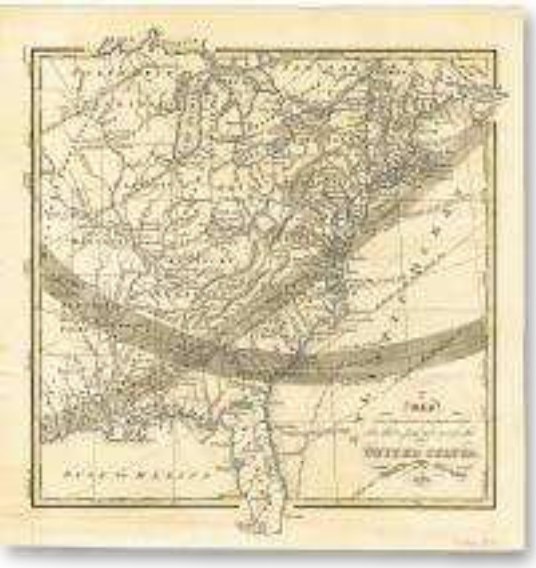
Die »Hybrid«-Finsternis am 8. April 2005

Die Sonnenfinsternis vom 8. April 2005 gehört zu einer ganz besonderen Art von Phänomenen, die man als ringförmig-totale oder Hybrid-Finsternisse bezeichnet. Am Anfang und am Ende des Ereignisses ist die Sonne ringförmig verfinstert, in der Mitte jedoch total. Diese Besonderheit ergibt sich aus der Kugelgestalt der Erde und tritt nur in seltenen Fällen auf, wenn der Kernschatten (»Umbra«, siehe Kasten S. 32) die Erdoberfläche gerade noch erreicht, aber kürzer ist als die Entfernung bis zum Mittelpunkt der Erde. Während zur Mitte der Finsterns die Spitze des kegelförmigen Kernschattens unter der Erdoberfläche liegt, ein Teil der Erde sich also im Kernschatten befindet und man dort eine totale Sonnenfinsternis sehen kann, ist der Kernschatten zu Anfang und Ende der Finsternis nicht lang genug, um auf die Erde zu treffen. Oder, in anderen Worten: Der Mond ist zu weit vom Betrachter entfernt und zu klein, um die Sonnenscheibe komplett abzudecken – der Beobachter ist im Gegenschatten (»Anti-Umbra«) und sieht immer noch einen dünnen Sonnenring. Eine solche ringförmig-totale Finsternis ereignete sich das letzte Mal am 29. März 1987 über dem Südatlantik und Zentralafrika. Liegt Ihr Beobachtungsort nicht auf dem schmalen, zentralen Pfad, sehen Sie nur eine partielle Verfinsterung der Sonne.

HUGUETTE GUERTIN

Perlenkette aus Licht Scheint die Sonne ganz knapp am Rand des Monds vorbei, erzeugen dessen Berge und Täler »Lichtperlen«. Besonders eindrucksvoll ist dies bei einer fast totalen Bedeckung.

Am 8. April beginnt das Ereignis zu Sonnenaufgang mit einer ringförmigen Finsternis etwa fünfhundert Kilometer südöstlich von Neuseeland um 18.54 Uhr Weltzeit (UT, 20.54 MESZ). Innerhalb von 13 Minuten verengt sich der Gegenschatten zu einem Punkt, die Spitze des Kernschattens trifft auf die Erdoberfläche und die ringförmige Finsternis wird zu einer totalen. Dieser Punkt liegt etwa 2200 Kilometer südlich von Tahiti und wird um 19.07 Uhr erreicht. Während der Kernschatten über den Pazifik flitzt, nimmt sein Durchmesser zu und die Totalität für Beobachter auf hoher See wird länger. Denn leider befindet sich keine Insel in der Schattenzone, obwohl ihre südliche Grenze kurz vor Oeno vorbeigeht, einer der Pitcairn-Inseln. Zu diesem Zeitpunkt (19.48) ist die Zone 21 Kilometer breit und die Totalität dauert 31 Sekunden.



Eulers Karten der 1748er Finsternis (ganz links und Mitte) erschienen im 18. Jahrhundert in einem Weltatlas. Die Südstaaten der USA kamen 1831 und 1834 in den Genuss eines himmlischen Spektakels (links) und erlangten kürzlich durch Louis Masur sogar literarische Ehren.

men Theodor Egon Ritter von Oppolzer (1841–1886).

Oppolzer kam in Prag als Sohn eines Internisten zur Welt, studierte zunächst Medizin, zeigte aber ein großes Interesse an der Astronomie und baute sich eine Privatsternwarte. Er machte die Sternkunde schließlich zu seinem Beruf und wurde 1866 in Wien Professor für theoretische Astronomie und höhere Geodäsie. Seine ersten Arbeiten beschäftigten sich mit Asteroiden und Kometen, aber durch die Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis von 1868 wurde er zum Finsternisliebhaber. Es heißt, er habe bis zu zehn Mitarbeiter damit beschäftigt, die Daten aller Sonnen- und Mondfinsternisse zwischen 1207 v. Chr. und 2163 n. Chr. zu berechnen: ein Zeitraum von fast 3400 Jahren! Leider erlebte Oppolzer die Veröffentlichung dieser monumentalen Arbeit nicht mehr.

Sie erschien 1887 unter dem simplen Titel »Canon der Finsternisse«. Auch wenn die Genauigkeit der Berechnungen sich nicht mit den präzisen Ergebnissen moderner Computer messen kann, wurde Oppolzers Canon zum wertvollen Sammlerstück unter Liebhabern, nicht zuletzt weil sich im Anhang Hunderte von Karten befinden. Wie von Eulers Finsterniskarte kann ich auch zu Oppolzers Canon eine eigene Geschichte erzählen, diesmal leider ohne glückliches Ende: In den 1980er Jahren stöberte ich bei einem Israelbesuch in Tel Aviv in einem kleinen Antiquariat. Es war so winzig und vollgepackt, dass ich kaum genug Platz zum Stehen fand. Die Hitze und Luftfeuchtigkeit waren fast unerträglich. Als ich die staubigen Regale mit den alten, zerfledderten meist in Deutsch geschriebenen Büchern durchstöberte, fiel mir ein großes Buch mit dem Titel »Canon der Finsternisse« in die Hände. Der Name des Autors sagte mir damals nichts und das Werk schien nur aus endlos langen Tabellen zu bestehen.

Da ich von dem engen stickigen Ort ziemlich strapaziert war, zögerte ich kurz und stellte den Band dann wieder ins Regal zurück. Erst Jahre später dämmerte mir, dass ich eine Originalausgabe von Oppolzers Werk in Händen gehalten hatte! Offensichtlich habe ich die Landkarten übersehen, die sich alle hinten im Anhang befanden. Ein paar Jahre später >

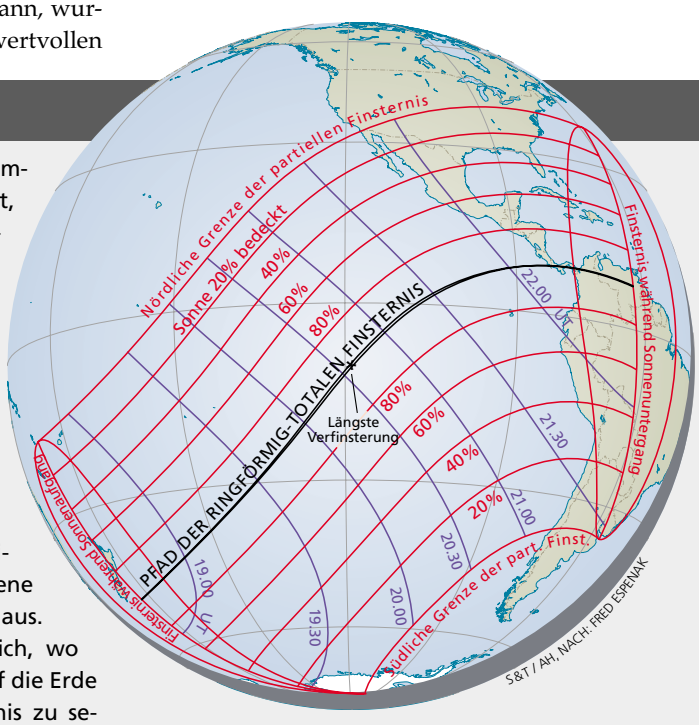
Der Zeitpunkt der größten Finsternis findet eine Dreiviertelstunde später um 20.35:46 Uhr statt, wenn die Achse des Kernschattens ihre geringste Entfernung zum Erdmittelpunkt erreicht. Die Totalität ist immerhin 42 Sekunden lang, aber ihre Dauer und die Breite der Schattenzone nehmen schnell wieder ab, wenn sich der Kernschatten nach Nordosten bewegt.

Etwa achthundert Kilometer nördlich der Galapagos-Inseln wird die Finsternis wieder ringförmig (22.00). Wenn der Schatten um 22.09 Uhr die Westküste von Costa Rica erreicht, dauert die ringförmige Phase noch 12 Sekunden. Hohe Berge am Mondrand werden diese Phase durch das spektakuläre Perlschnurphänomen (»Baily's Beads«, Foto) etwas verkürzen.

Die Beobachtung ähnlich knapper ringförmiger Finsternisse 1984 in den USA und 1999 in Australien zeigten, dass Sie zum Beobachten einen Sonnenfilter brauchen, obwohl mehr als 99 Prozent der Sonnenscheibe bedeckt ist. Wenn die Anti-Umbra über Panama, Kolumbien und Venezuela wandert, verbreitert sich der Gegenschatten von 11 auf 33 Kilometer. Die Dauer der ringförmigen Phase wächst bis zu 33 Sekunden über Venezuela, wo das Ereignis mit dem Sonnenuntergang um 22.18 Uhr endet. Der gesamte 14200 Kilometer lange Pfad wird vom Kern- und Gegenschatten in 3 Stunden und 24 Minuten überstrichen und macht nur bescheidene 0,06 Prozent der Erdoberfläche aus.

In dem weit größeren Bereich, wo der Halbschatten des Monds auf die Erde trifft, ist eine partielle Finsternis zu sehen. In diesem Bereich liegen Neuseeland, der gesamte Südpazifik und Teile von Nord-, Mittel- und Südamerika. <<

Der Finsternisexperte **Fred Espenak** ist Astronom und arbeitet am Goddard Space Flight Center der Nasa. Er hat schon 17 totale Sonnenfinsternisse beobachtet.

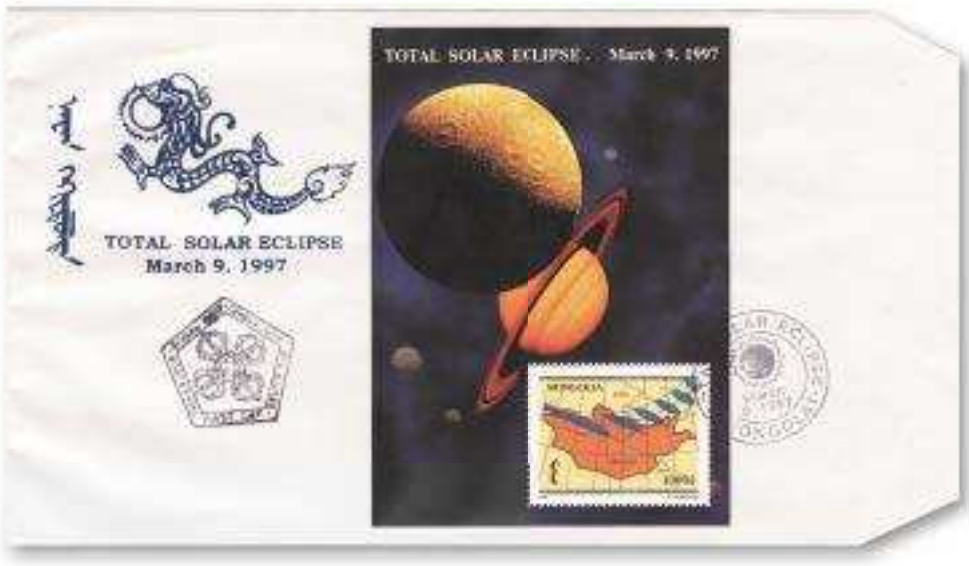


Pazifik im Schatten Die Finsternis beginnt bei Sonnenaufgang in Neuseeland (in der Grafik: links unten) und wandert bis zum Sonnenuntergang nach Südamerika.

> war ich wieder in Tel Aviv und ging schnurstracks zu dem Buchladen in der Hoffnung, dass der Canon immer noch da ist und auf mich wartet. Aber zu meiner großen Enttäuschung gab es den Laden nicht mehr, er war einer Kunstgalerie gewichen. So hatte ich die einmalige Gelegenheit verpasst, das wahrscheinlich bedeutendste Werk über Finsternisse zu erwerben, das je geschrieben wurde.

Mit Überschall ein Feuerwerk von Diamanten sehen

Wenn ich alte Finsterniskarten betrachte, lasse ich meine Gedanken in die ferne Vergangenheit schweifen, in der Menschen, die schon lange verstorben sind, genau auf der Zentrallinie der Finsternis standen und das himmlische Schauspiel über ihnen bewunderten. Und ich denke auch an kommende Generationen, die in ferner Zukunft eine Finsternis genau an dem Ort und zu dem Zeitpunkt beobachten werden, der von der Karte vor mir vorausgesagt wird, auch wenn es meine Freunde und mich dann schon lange nicht mehr gibt.

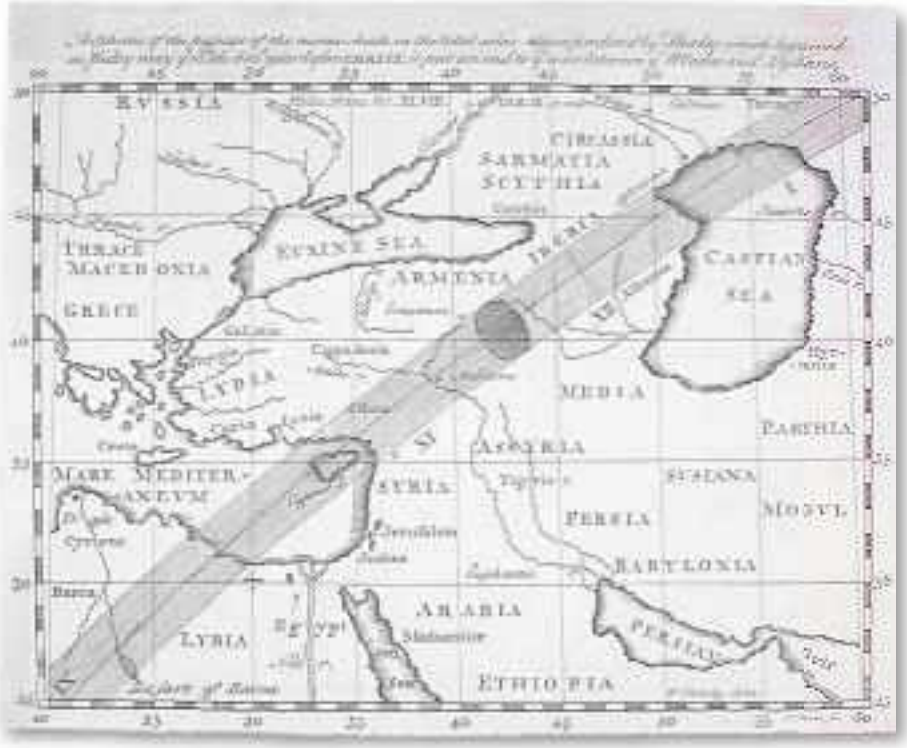


Die mongolische Post gab anlässlich der totalen Sonnenfinsternis vom 9. März 1997 eine Sondermarke heraus. Aber was hat Saturn nur damit zu tun?

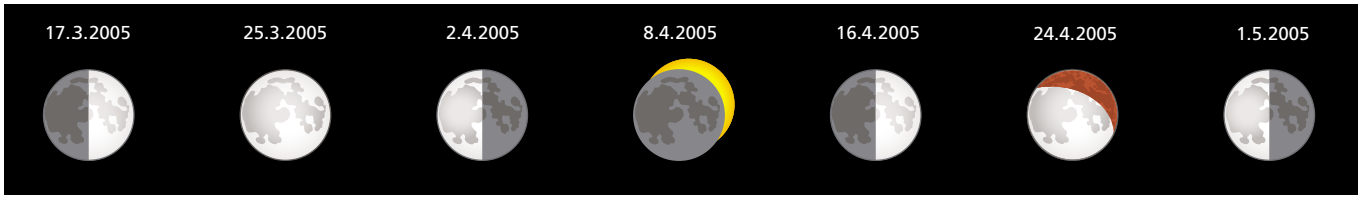
Aber so weit ist es noch nicht! Es gibt einige Ereignisse in der näheren Zukunft, die ich mir unbedingt noch ansehen möchte. Darunter befindet sich die ringförmig-totale oder Hybrid-Finsternis vom 8. April, deren Schattenzone fast ausschließlich über dem Pazifischen Ozean verläuft (siehe Kasten S. 36). Eine solche besondere Finsternis hat es seit dem Jahr 1987 nicht mehr gegeben. Erstaunlicherweise war die Finsternis im Jahr davor ebenfalls ringförmig-total und die Totalität dauerte nur eine fünftel Sekunde.

Die nächste Hybrid-Finsternis wird erst im Jahr 2013 stattfinden. Stellen Sie sich einmal folgende Szene vor: Es gäbe einen Überschalljet, der mit genau derselben Geschwindigkeit wie der Schatten des Monds auf der Zentrallinie entlangfliegen könnte. Die Passagiere des Fliegers würden ein einmaliges Schauspiel erleben: Wenn die Spitze des Kernschattenkegels sich der Erdoberfläche nähert und die Flughöhe des Jets erreicht, wird die dunkle Mondscheibe inmitten des leuchtenden Sonnenrings immer größer und größer, bis beide Scheiben schließlich gleich groß sind. Dann dringt das Sonnenlicht nur noch durch einige Mondtäler und das Perlschnurphänomen wird sichtbar, aber nicht nur am einen Rand unseres Trabanten, sondern der ganze Mond ist ringsherum von einer Kette von Lichtperlen umgeben (Bild siehe Kasten, S. 36). Und statt kurz vor die Totalität nur ein blitzschnelles letztes Aufflammen von Sonnenlicht, den berühmten Diamantringeffekt, könnten Sie ein sekundenlanges Feuerwerk von Diamanten sehen. Das wäre wohl das absolute Finsterniserlebnis! <<

Thales' Finsternis hat 585 v. Chr. laut dem griechischen Historiker Herodot die Armeen der Meder und Lydier zu einem spontanen Friedensvertrag bewegt.



Eli Maor (elimaor@earthlink.net) unterrichtet Mathematikgeschichte an der Loyola-Universität in Chicago, Illinois, und veröffentlichte das Buch »Venus in Transit« (Princeton University Press). Er ist seit seinem fünften Lebensjahr von Finsternissen fasziniert – damals hat er mit seinem Großvater seine erste totale Mondfinsternis in Tel Aviv gesehen.



Es funkelt im Dreieck

Hoch am Südhimmel verbindet das Frühlingsdreieck die Sternbilder Löwe, Jungfrau und Bärenhüter. **>> Fred Schaaf**

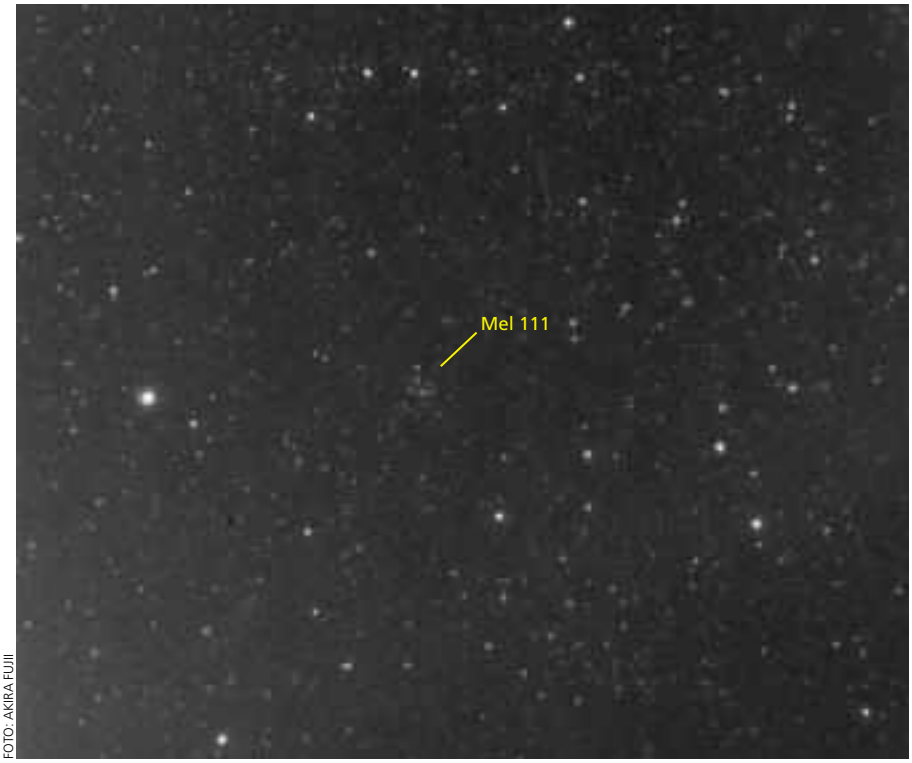


FOTO: AKIRA FUJII

Wohin zuerst gucken? Lauter verlockend helle Sterne von mindestens 1. Größe machen im Frühling die Entscheidung schwer. Nicht auf dem Foto, aber zurzeit am Himmel: Jupiter in der Jungfrau.

An den Aprilabenden scheinen zehn Sterne mit einer Helligkeit von mindestens 1. Größe. Außerdem erstrahlen dieses Jahr zwei Planeten mindestens ebenso hell. Wir haben einige der gleißendsten Lichtpunkte auf unseren Übersichtskarten (S. 42/43) abgebildet – selbst bei geringer Vergrößerung werden Sie sich kaum entscheiden können, wo Sie zuerst hinsehen sollen.

Im Südsüdwesten fesselt der überwältigend helle Jupiter in der Jungfrau (»Virgo«) neben einer etwas schwächeren Spika (Alpha Virginis, α Vir) unseren Blick. Im Süden entdecken wir im Bärenhüter (»Bootes«) den feurigen, orangegelben Arktur (Alpha Bootes, α Boo). Aber auch der Nordwesten lockt mit den letzten Wintersternbildern, die bald für den Rest des Sommers hinter dem Horizont verschwinden.

Im Westsüdwesten finden wir auf unserer Übersichtskarte ein Sternbild, das ein wenig früher am Abend seinen höchsten Punkt erreicht. Es ist der Löwe (»Leo«), der sich im April in seiner schönsten Form präsentiert. Sie entdecken ihn, wenn Sie gegen 22 Uhr Sommerzeit hoch im Süden nach dem hellsten Stern dieser Region suchen. Das ist Regulus (Alpha Leonis, α Leo), der die Vorderpfote des Löwen darstellt (siehe »Nächtlicher Löwensprung«, AH März 2005, S. 36). Fünf weitere Sterne schlagen von ihm aus einen Bogen nach oben und bilden die Brust, die Mähne und den Kopf des Löwen. Für sich gesehen formen diese Sterne eine Sichel, wobei Regulus das Griffende bildet. Manchmal werden sie auch mit einem gespiegelten Fragezeichen verglichen, wobei Regulus den Punkt dieser himmlischen Zeichensetzung darstellt. Das zweithellste Objekt in diesem Sternmuster ist Algieba (Gamma Leonis, γ Leo), ein schöner Doppelstern. Schon mit einem mittelgroßen Teleskop können Sie seine beiden orange-gelben Komponenten voneinander unterscheiden.

Den verlängerten Rücken und den Schwanz des Löwen markiert ein längliches rechtwinkliges Dreieck, das sich mehr als eine Faustbreite weiter links von Regulus befindet. Mittlerweile kennzeichnet Denebola (Beta Leonis, β Leo), der östlichste Stern des Dreiecks, die Schwanzspitze. Im Altertum befand sich die Quaste jedoch noch weiter östlich und wurde von einem schwachen, etwas

länglichen Sternhaufen dargestellt, dem Coma-Sternhaufen Melotte 111. Der gehört inzwischen zum Sternbild Haar der Berenike (»Coma Berenices«, Com) und ist bereits mit bloßem Auge schemenhaft sichtbar (siehe Feldstechertipp S. 49).

Den Löwen, die Jungfrau und den Bärenhüter verbindet das »Frühlingsdreieck« aus den drei Hauptsternen Regulus, Spika und Arktur. Mitten in dem beinahe rechtwinkligen Dreieck funkelt eine berühmte Region, die vor allem Amateurastronomen mit ausreichend großen Teleskopen reizen wird: der Virgo-Galaxienhaufen, das »Königreich der Galaxien« (siehe Rubrik »Deep Sky«, S. 50). Wenn Sie dieses Gebiet erforschen wollen, brauchen Sie allerdings sehr genaue Karten.

Planeten im April

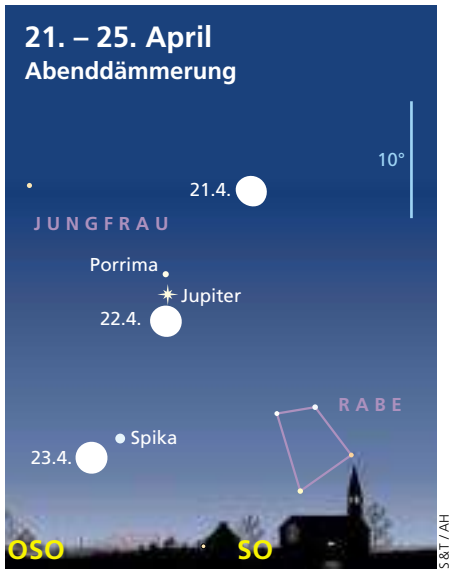
Jupiter ist in diesem Monat der hellste Lichtpunkt am Himmel. Er steht am 3. April in Opposition zur Sonne (also von uns aus gesehen der Sonne genau gegenüber) und ist dementsprechend die ganze Nacht sichtbar. In der Abenddämmerung kann man ihn bereits tief im Ostsüdosten entdecken. Ein paar Stunden später klettert der Gasriese hoch in den Süden. Dann sollten bereits kleine Fernrohre mindestens zwei seiner blassen, bräunlichen Wolkenringe zeigen, die den gesamten Planeten einhüllen. Er befindet sich momentan an seinem erdnächsten Bahnpunkt und scheint daher zur Zeit am hellsten in diesem Jahr. Gleichzeitig durchläuft er heuer auch sein Aphel, den sonnenfernsten Punkt auf seinem jeweils zwölf Jahre dauernden Umlauf um die Sonne.

Dauergast Jupiter bekommt bei Porrima (Gamma Virginis) Besuch vom fast vollen Mond, der am nächsten Tag zu Spika weiterzieht.

Saturn steht kurz nach Einbruch der Nacht im Westen. Zu dieser Zeit erhalten Sie die schärfsten Aufnahmen von seinem Globus mit den sagenhaften Ringen. Sein größter Mond Titan hat eine Helligkeit 8. Größe und kann in einer Entfernung von weniger als dem vierfachen Durchmesser der Ringe beobachtet werden. Mit einem Sechszöller können Sie sogar seine blasse, orangefarbene Tönung erkennen.

Mars geht im April gegen 4 Uhr auf. Am besten erhaschen Sie einen Blick auf ihn, wenn er während der Morgendämmerung tief im Südosten steht. Können Sie erkennen, wie der Rote Planet jede Woche ein wenig heller wird?

Die abnehmende Mondsichel steht am frühen Morgen des 3. April rechts unterhalb von Mars und am nächsten Morgen links unterhalb von ihm. Zurück am Abendhimmel besucht der Mond acht Tage später kurz nach Beginn der Nacht den Sternhaufen M45, die berühmten Plejaden. Langsam bewegt er sich entlang der Ekliptik nach unten und erreicht in der Nacht vom 15. April Saturn und



Pollux (Beta Geminorum, β Gem) in den Zwillingen. Am 18. und 19. befindet sich der Trabant bei Regulus, am 21. und 22. begleitet er Jupiter.

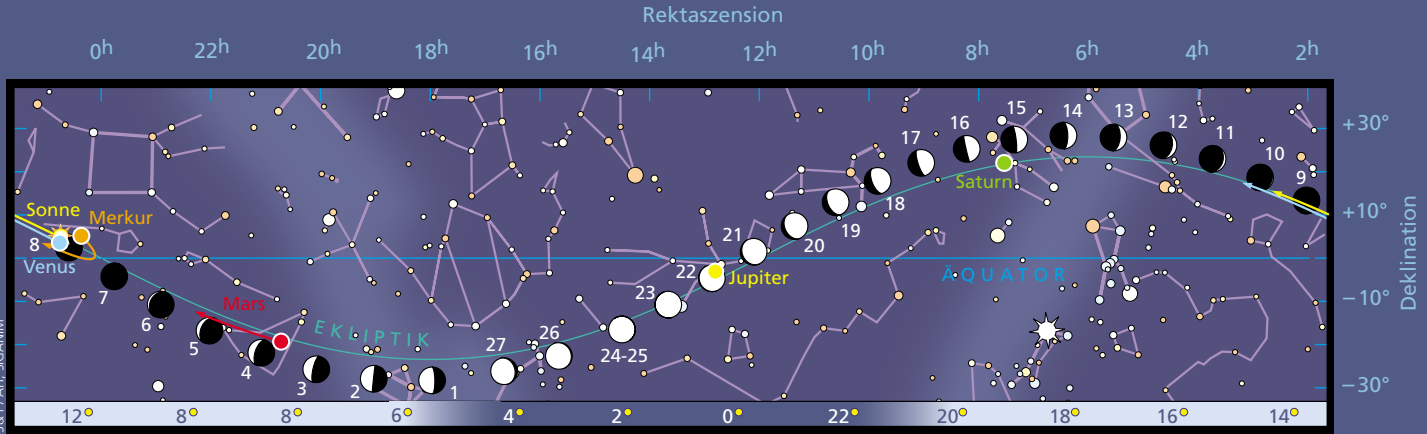
Die beiden Höhepunkte des Monats finden außerhalb Europas statt: Am 8. April ist über dem Pazifik eine Hybridfinsternis zu sehen (ringförmig-totale Finsternis, siehe »Dem Mondschatten auf der Spur«, S. 32). Und weil Sonnen- und Mondfinsternis immer zusammenhängen, können Himmelsbeobachter in der westlichen Hälfte von Nordamerika am Morgen des 24. April eine Halbschattenfinsternis des Monds verfolgen. Seine nördliche Kante fliegt dabei durch den äußersten Bereich des Erdschattens.

In unserer Region können Sie dafür am 9. April gegen 19.30 Uhr bereits 22 Stunden nach Neumond die junge Mondsichel wieder entdecken. <<

Das April-Panorama zeigt Phasen und Positionen des Monds vom 1. bis zum 27., die Pfeile kennzeichnen die Wege von Sonne und Planeten von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Uhrzeit an, wann der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Fred Schaaf dressiert für Sky & Telescope den Tierpark am Nachthimmel.

Der Mond und die Planeten im April 2005



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

STERNTAFEL

WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

März, zweite Hälfte: **2 Uhr***
April, erste Hälfte: **2 Uhr°**
April, zweite Hälfte: **1 Uhr°**

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse

WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den ganz oben angegebenen Zeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder und Namen der hellen Sterne. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont. Der im Zentrum der Karte dargestellte Himmelsausschnitt befindet sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Das »Frühlingsdreieck« aus Arktur, Regulus und Spika steht hoch im Südwesten. Die Wintersternbilder sind im Nordwesten schon größtenteils untergegangen. Im Nordosten ist das »Sommerdreieck« aus Wega, Deneb und Atair bereits vollständig über den Horizont geklettert.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

FOTO: AKIRA FUJII

Rasante Fahrt auf den Wagen

Schauen Sie im Frühling am frühen Abend nach Norden. Dort sehen Sie den Großen und den Kleinen Wagen als Paar über dem Horizont stehen. In unseren Breitengraden sind beide das ganze Jahr hindurch zu sehen, deshalb eignen sie sich gut als Wegweiser.

Der Polarstern ist nicht das Einzige, was Sie mit Hilfe des Großen Wagens finden können. **>> Joshua Roth**

Hurra! Der große Wagen! Diesen Ausruf hört man fast immer, wenn Kinder dieses prächtige Sternmuster sehen. Kein Wunder! Schließlich entsprechen die Sterne des Großen Wagens tatsächlich der Form eines Handkarrens. Das macht ihn zur wohl bekanntesten Sternfigur am nördlichen Himmel. Und weil er so leicht zu erkennen ist, kann Ihnen der Große Wagen helfen, sich am Nachthimmel zurechtzufinden.

Der Spaß hört auch dann noch nicht auf, wenn Sie sämtliche Sternbilder kennen und all die Geschichten, die verschiedene Kulturen über sie erzählen. Sie können die hellen Sterne auch als Wegweiser zu reizvollen, Staunen erregenden kosmischen Objekten verwenden, die zu klein oder zu leuchtschwach sind, um sie mit dem bloßen Auge zu sehen. Star-hopping, wie sich diese Art der astronomischen Schatzsuche nennt, braucht einige Übung. Aber die Belohnung dafür ist so reichlich wie die Sternhaufen, Nebel und Galaxien, die den Kosmos bevölkern.

Der Große Wagen steht Kopf

Beginnen wir also mit dem ersten von vielen Star-hops, die wir zusammen in der Rubrik »Nahaufnahme« unternehmen werden. Warten Sie einen klaren Abend ab, treten Sie etwa eine Stunde nach Sonnenuntergang hinaus ins Freie und suchen sich einen Platz mit freier Sicht nach Norden. Drehen Sie sich in diese Richtung, schauen Sie nach oben, und Sie sollten den Großen Wagen sehen. Fast direkt über Ihrem Kopf steht er, seine gekrümmte Deichsel nach Osten gebogen und den vierseitigen Kasten fast kopfüber, als wollte er seine Insassen gerade auf die Straße kippen.

Viele Sternbilder und -muster sind zufällige Anordnungen von Sternen, die in unterschiedlichen Entfernungen zur Erde liegen. Aber der Große Wagen hält sich nicht an diese Regel. Fünf seiner sieben Sterne sind gleich weit von der Erde entfernt, nämlich etwa achtzig Lichtjahre (ihr Licht braucht achtzig Jahre bis zu uns). Die Ausnahmen sind Alkaid an der Spitze der Deichsel und Dubhe am hinteren Ende des Kastens: Von Alkaid trennen uns hundert und von Dubhe 124 Lichtjahre. Die anderen fünf Sterne jagen im Formationsflug mit etwa 45 000 Kilo-

metern pro Stunde über das Himmelszelt. Infolgedessen verändert sich der Große Wagen im Lauf der Zeit: In ungefähr 100 000 Jahren wird sein Kasten flach sein und die Deichsel scharf abknicken.

»Aber halt«, werden Sie sich jetzt denken. »Sind da nicht zwei Wagen am Nachthimmel?« In der Tat! Wie sein größerer Namensvetter hat auch der Kleine Wagen eine gebogene Deichsel und einen rechteckigen Kasten. Allerdings strahlt der Kleine Wagen nicht in solchem Glanz: Nur drei seiner Sterne können wir aus hell erleuchteten Städten heraus gut sehen (Bild links).

Nebenjobs als Bären

Der Kleine Wagen ist im Polar- oder Nordstern, lateinisch »Polaris«, verankert. Um den Polarstern zu finden, denken Sie sich eine Linie von Merak zu Dubhe – im Großen Wagen die Sterne an der linken Kante des Kastens – und verlängern Sie diese wie in der Grafik rechts nach unten um gut das Fünffache.

Viele Leute glauben irrtümlicherweise, Polaris müsse der hellste Stern am Himmel sein. Doch es gibt 45 andere, die heller sind. Der Polarstern sticht jedoch deutlich ins Auge, weil sonst keine ähnlich hellen Sterne in der Nähe liegen.

Genau wie die Deichsel des Großen Wagens gleichzeitig dem größeren Sternbild Großer Bär (»Ursa Maior«, UMa) als Schwanz dient, erfüllt auch die Deichsel des kleinen Wagens einen Nebenjob als Schwanz des Kleinen Bären (»Ursa Minor«, UMi).

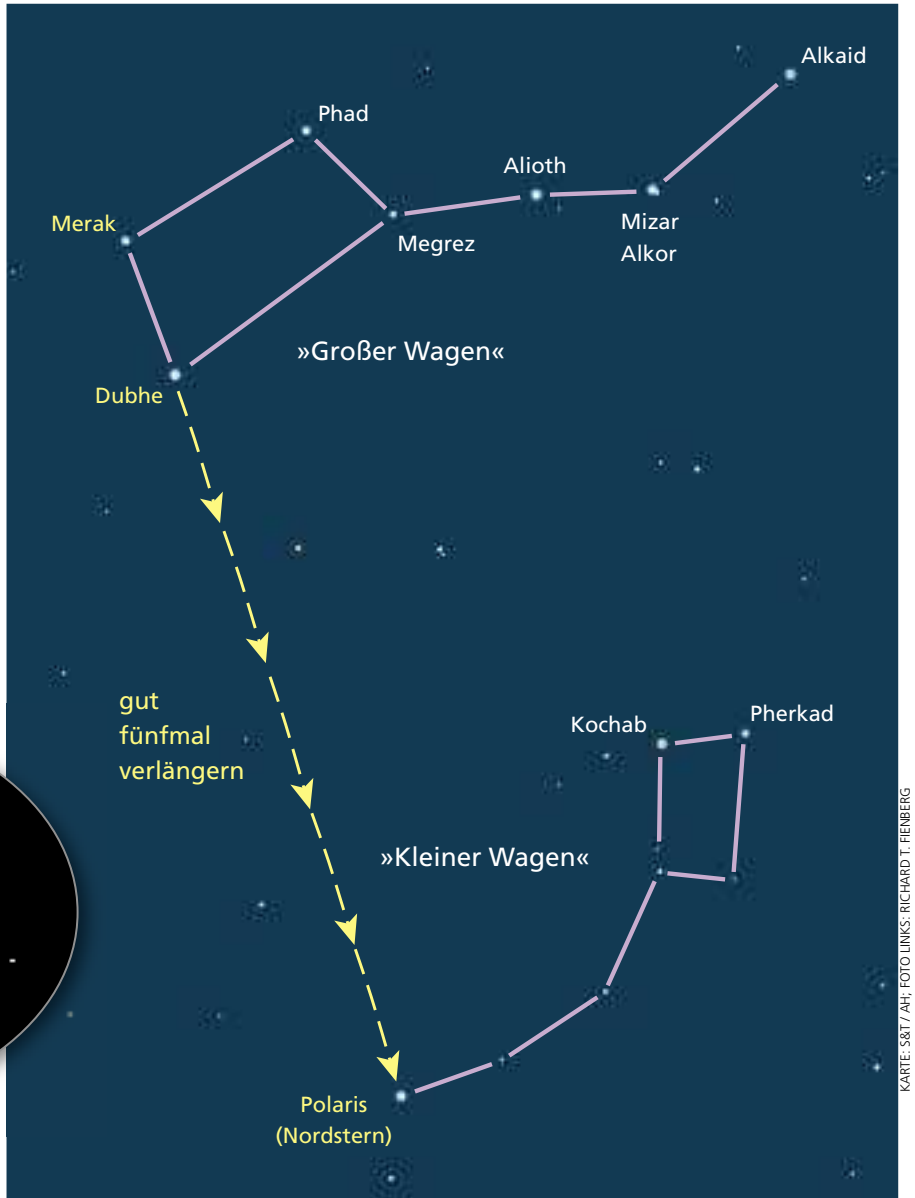
Drehen Sie sich jetzt nach Südwesten, legen Sie sich auf eine Picknickdecke oder einen Gartenstuhl und schauen Sie senkrecht nach oben! Kehren Sie zurück zu Merak und Dubhe, die Ihnen geholfen haben, Polaris zu finden. Diesmal verlängern Sie die Linie in entgegengesetzter Richtung, fast doppelt so weit wie beim Sprung zum Polarstern. Damit landen Sie direkt im Sternbild Löwe (»Leo«), dessen Sterne tatsächlich an die Form eines liegenden Löwen erinnern (AH 3/2005, S. 36).

Zwei weitere Sternbilder lassen sich mit Hilfe von Star-hopping durch den Großen Wagen finden. Wenn Sie der Deichselkrümmung folgen, gelangen Sie in einem weiten Bogen zu Arktur, dem vierthellsten Stern am Nachthimmel, der hoch oben im Sternbild Bärenhüter (»Bootes«) leuchtet (Karte S. 49 oben). Folgen Sie dieser Biegung weiter, dann treffen Sie nach etwa der gleichen Entfernung auf den strahlend hellen Jupiter. Der »Wandelstern« hält sich diesen Frühling im Sternbild Jungfrau (»Virgo«) auf. Virgo flimmert nahe dem südlichen Horizont, und ihr hellster Stern Spika, der hier sonst die Aufmerksamkeit auf sich zieht, verblasst regelrecht neben Jupiter.

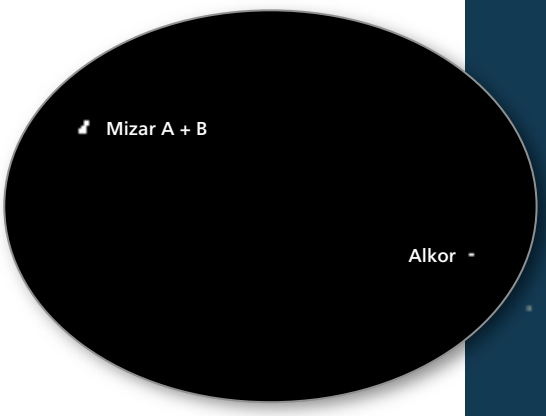
Reiterlein auf der Deichsel

Jetzt, nachdem wir uns Orientierung verschafft und verschiedene Wegweiser am Frühlingshimmel aufgestellt haben, wenden Sie sich wieder Richtung Norden und kehren zum Großen Wagen zurück – diesmal mit einem Teleskop.

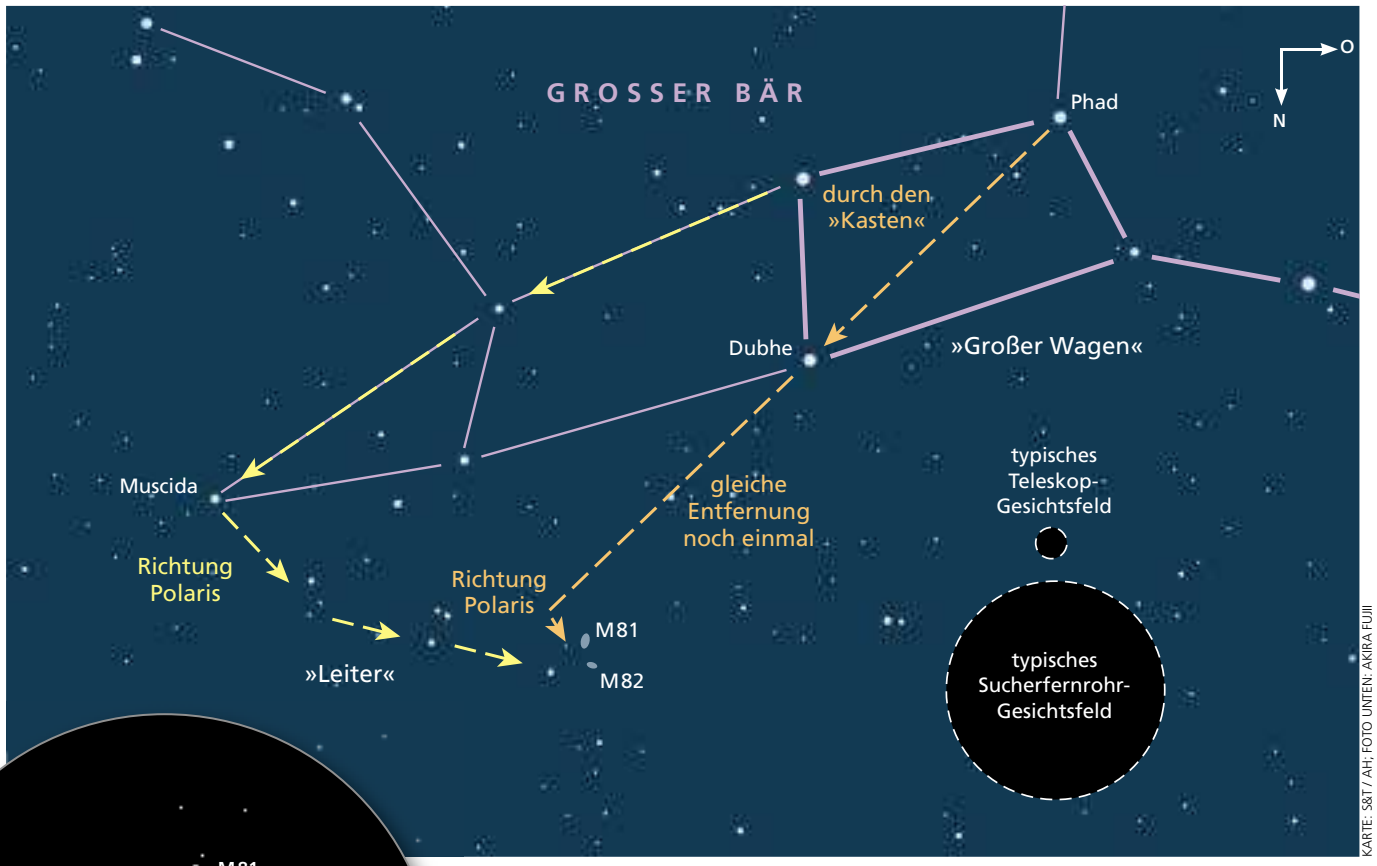
Unser erstes Ziel ist ein Doppelstern – in zweifacher Hinsicht! Schauen Sie zuerst an die Stelle, wo die Deichsel einen leichten Knick hat. Wenn Sie scharfe Augen haben, werden Sie nicht einen, sondern zwei Sterne sehen: den hellen Mizar und den schwächeren Alkor, das »Reiterlein«, das auf der Deichsel sitzt und im Moment von Mizar nach rechts unten herunterhängt. >



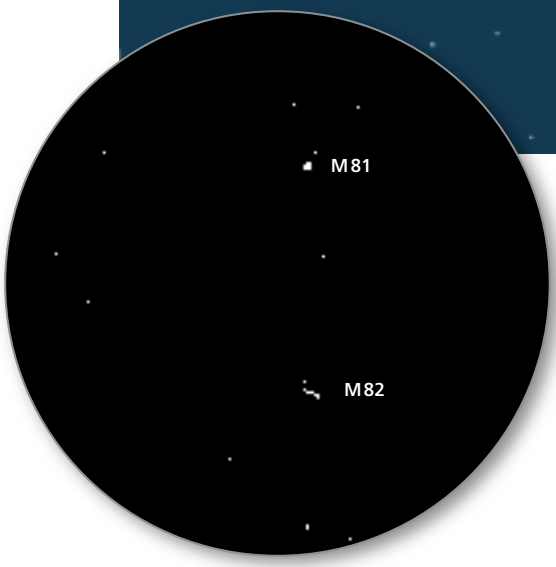
Im Polarstern endet die Deichsel des Kleinen Wagens. Den Weg zu ihm weist die »Rückwand« des Großen Wagens, dessen Deichselstern Mizar aus drei Doppelsternen besteht (unten): Alkor, Mizar A und Mizar B.



KARTE: S&T / AH; FOTO LINKS: RICHARD T. FIENBERG



KARTE: S&T / AH; FOTO UNTEN: AKIRA FUJII



Star-hopping in Reinkultur **Die Spiralgalaxien M81 und M82 erreichen Sie entweder, indem Sie die Diagonale durch den Wagenkasten verlängern – oder auf dem Umweg über die »Leiter«.**

> Wenn Sie Alkor nicht mit dem bloßen Auge ausmachen können, nehmen Sie ein Fernglas. Damit werden die Sterne heller und der Abstand zwischen ihnen größer. Auch wenn diese beiden Sterne recht nah beeinander erscheinen, so sind sie doch kein echter Doppelstern, der durch ihre gegenseitige Anziehungskraft aneinander gebunden ist. Aber sie bewegen sich gemeinsam über den Himmel, zusammen mit den anderen vorher erwähnten Reisegefährten.

Richten Sie als Nächstes Ihr Teleskop auf Mizar, den helleren Stern dieses Paars. Setzen Sie das Okular mit der niedrigsten Vergrößerung ein, die Sie haben – es ist das, bei dem die größte Brennweite auf der Seite aufgedruckt ist. Drehen Sie den Fokussierknopf vor und zurück, bis der Stern so hell und punktförmig wie möglich erscheint. Denken Sie daran: Es könnte sein, dass Sie eine gedrehte oder gespiegelte Version der Okularansicht von S. 45 unten erhalten – je nachdem, welche Art Teleskop Sie benutzen (AH 3/2005, S. 64). Können Sie sehen, dass Mizar noch einen weiteren Begleiter hat, etwa so hell wie Alkor, aber sehr viel näher dran? Wenn nicht, probieren Sie ein anderes Okular, um die Vergrößerung ein wenig zu erhöhen. Im Gegensatz zu Alkor kreist dieser enge Begleiter tatsächlich um Mizar, wenn auch sehr langsam – ungefähr einmal alle zehntausend Jahre. Im Fachjargon heißen diese zwei nebeneinander liegenden Sterne Mizar A und Mizar B.

Sterneninseln im Visier

Durch den Einsatz von Profi-Instrumenten stellte sich heraus, dass jeder dieser drei Lichtpunkte – Alkor, Mizar A und Mizar B – nochmal aus zwei Sternen besteht! Allerdings kann ein Amateurfernrohr keines dieser viel, viel engeren Paare in zwei einzelne Punkte auflösen.

Wir haben jetzt an leichter Beute trainiert, mit dem Teleskop anzuvisieren. Lassen Sie uns nun die anspruchsvollste Jagd dieses Abends in Angriff nehmen. Es wird eine Weile dauern und vielleicht haben Sie im ersten Anlauf kein Glück. Aber die Mühe lohnt sich. Wenn Sie Erfolg haben, werden Sie Ihren Blick nicht Dutzende, sondern Millionen von Lichtjahren tief ins All richten: auf Galaxien, eigenständige Sterneninseln, von denen jede aus Milliarden von Sonnen besteht.

Hunderte Galaxien können Sie im Lauf eines Jahres mit einem mittelgroßen Teleskop entdecken, wenn der Himmel sehr dunkel und klar ist. Aber wir suchen uns zwei heraus, die auch aus ungünstigen Lichtverhältnissen noch gut zu beobachten sind. Messier 81 und Messier 82 (oder M81 und M82) liegen zehn Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt – in kosmologischen Maßstäben zwei der nächsten Nachbarn.

Auf Fotos wie dem auf S. 48 sehen Sie, dass die hellere M81 eine Bilderbuch-Spiralgalaxie ist: im Zentrum ein Schaum- >

ANZEIGE

ROBERT GENDLER

Wie ein rotes Frisbee zeigt sich die Spiralgalaxie M81 im oberen Teil dieses schönen Mosaikbilds. Unten erstrahlt gelblich blau M82.

> gummiball aus alten, gelblichen Sternen, umgeben von einem Feuerrad aus jüngeren, blauen Sternen. Im Gegensatz dazu erscheint die leuchtschwächere M82 schmaler, weil wir zufällig genau auf die Kante ihrer frisbeeartigen Scheibe blicken. M82 sieht unregelmäßiger aus als M81, weil ihre Scheibe dunkel gesprenkelt ist – mit gigantischen Flecken aus interstellarem Staub.

All diese Unterschiede zwischen M81 und M82 lassen sich schon mit kleinen Geräten beobachten oder zumindest erahnen (Foto S. 46). Im Unterschied zu den meisten anderen Galaxien können sich beide auch gegen ein bisschen Mondlicht durchsetzen. Nichtsdestotrotz sind sie bei starker Lichtverschmutzung schwieriger zu finden und zu sehen. Wenn Sie in städtischem Umfeld wohnen, bietet sich eine kurze Autofahrt in die dunklere Umgebung an.

Wenn ich es auf M81 und M82 abgesehen habe, ziehe ich wie auf der Sternkarte auf S. 46 in Gedanken eine Diagonale durch den Kasten des Großen Wagens (orangefarbener Pfad), beginnend am obersten Stern, Phad, auch Phekda genannt. Ich verlängere die Linie nochmals um die gleiche Strecke über Dubhe hinaus und richte den Sucher meines Teleskops dorthin, wo die Karte auf S. 46 M81 und M82 zeigt.

Die Galaxien glimmen schwach, als wären sie zwei beleuchtete, aus der Ferne gesehene Wattebällchen. Auf den ersten Blick fällt es mir manchmal schwer, die beiden auseinander zu halten, wenn ich sie zunächst bei niedriger Vergrößerung durch mein Teleskop oder Fernglas anvisiere. Aber schon mäßige Vergrößerung (30× bis 50×) beseitigt jeden Zweifel, selbst mit einem kleinen Sechzig-Millimeter-Refraktor in meinem Vorstadthinterhof: M81 ist das glatte, dicke Oval und M82 die magere, graue Raupe.

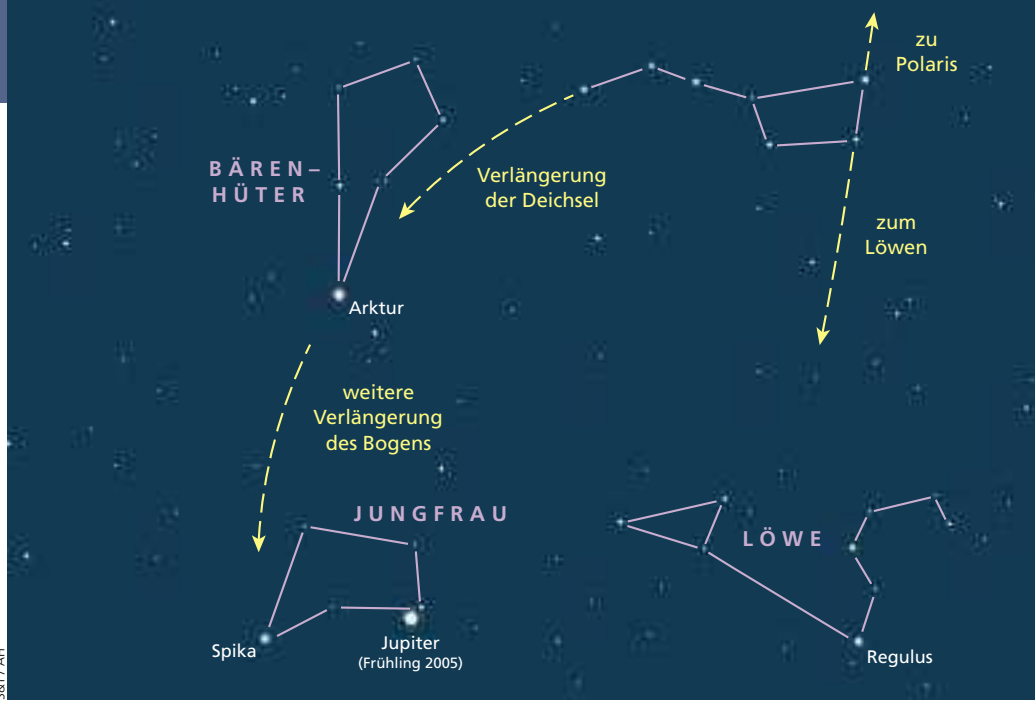
Sprosse für Sprosse zur Galaxie

Meine Abkürzung durch den Kasten des Großen Wagens führt zwar schnell zum Ziel, ist aber nicht unbedingt der sicherste Weg zu M81 und M82 – besonders wenn Sie diese Objekte niemals zuvor gesehen haben. Hier ist eine andere Route (in gelb auf der Karte S. 46): Beginnen Sie bei dem mittelhellen Stern Muscida, und schwenken Sie ein kleines Stück in Richtung Polarstern. Halten Sie an, wenn Sie in Ihrem Sucher oder bei niedrigster Vergrößerung im Hauptfernrohr auf ein Dreieck aus Sternen stoßen. Stellen Sie sich vor, diese Formation wäre die erste Sprosse einer Leiter.

Dann folgen Sie mit Ihrem Teleskop der Richtung, in die das erste Dreieck zeigt. Als nächste Stufe stoßen Sie auf einen viel spitzeren Winkel. In einem brauchbaren Sucherfernrohr fällt jedes der Dreiecke deutlich auf und sie können mit allen Ferngläser gesehen werden, die nicht gerade von der allerkleinsten Sorte sind.

Die dritte Sprosse ist ein Paar aus ungleich hellen Sternen. Sie ist der Schlüssel, der uns zu unserer Beute führt. Wenn Sie diese beiden Sterne im Okular haben, stellen Sie sich vor, dass der dunklere von ihnen die Mitte auf dem Zifferblatt einer Uhr markiert und der hellere auf der 12-Uhr-Position steht.

Was Sie als Nächstes tun, hängt von der Bauweise Ihres Teleskops ab. Wenn es ein Newton-Reflektor ist, dann steht M81 auf der 7-Uhr-Position und M82 auf 8.30. Wenn Sie dagegen ein Schmidt-Cas-



Folgen Sie der Deichsel des Großen Wagens, dann kommen Sie im Bogen zu Arktur. Noch weiter südwärts stoßen Sie auf Spika. Zum Sternbild Löwe führen Sie die schon bekannten Kastensterne.

segrain oder einen Refraktor haben und zwischen Tubus und Okular ein rechtwinklig abgekicktes Zenitprisma eingebaut ist, sehen Sie alles spiegelverkehrt, also links und rechts vertauscht (AH 3/2005, S. 65). In diesem Fall befindet sich M81 auf 5 Uhr und M82 auf 3.30.

M81 und M82 gehören zwar vermutlich zu den am besten sichtbaren Galaxien, die man mit einem kleinen Teleskop beobachten kann. Aber sie sind keinesfalls am einfachsten zu finden! Dennoch ist es die Mühe sehr wohl wert, diese Schönheiten aufzustöbern. Schließlich verbessern Sie so Ihre Kenntnisse und werden besser mit dem Teleskop vertraut als je zuvor.

Computerisierte Go-to-Teleskope können Objekte wie M81 und M82 mit nur wenigen Knopfdrücken ansteuern und machen das Star-hopping unnötig. Unabhängig vom Weg ist es jedoch aufregend, die Galaxien das erste Mal zu sehen. Außerdem muss ein Go-to-Teleskop korrekt ausgerichtet werden, um seine Zauberkräfte ausspielen zu können. Und dafür ist es nötig, dass Sie in der Lage sind, zumindest ein paar der Sterne mit exotischen Namen an der Himmelskuppel zu finden.

Sicherlich hat die Technologie Vorstadtastronomie zugänglicher und erschwinglicher denn je gemacht. Aber: Nichts ist umsonst – Sie müssen selbst lernen, helle Sterne und Sternbilder zu identifizieren, egal, wie schlau Ihr Teleskop ist. Zum Glück ist das einfach und macht Spaß. Selbst wenn Sie heute Abend nichts anderes tun, als den Polarstern, Arktur und Spika mit dem bloßen Auge aufzuspüren, sind Sie den Himmelskenntnissen der alten Hasen einen Schritt näher gekommen. <<

Joshua Roth ist Redakteur bei Sky & Telescope. Er lehrt Astronomie in der Gegend von Boston und ist ein Anhänger der Beobachtung mit kleinen Teleskopen.

FELDSTECHERTIPP

In und um Melotte 111

Offene Sternhaufen gibt es in vielen Varianten – von kleinen, verwaschenen Flecken bis hin zu protzigen Kronleuchtern, die den Himmel über mehrere Winkelgrade hinweg dominieren. Einer der Letzteren ist Melotte 111 im Sternbild Haar der Berenike (»Coma Berenices«, Com). Sein enormer Platzverbrauch ist schlicht eine Folge seiner verhältnismäßig geringen Distanz, denn er ist »nur« rund 300 Lichtjahre von der Erde entfernt. Für das bloße Auge erscheint er daher in einer dunklen Nacht so wie andere Sternhaufen in einem Fernrohr. In einem Feldstecher nimmt er das gesamte Gesichtsfeld ein (wie auf dem Foto angedeutet) und glänzt mit zwei Dutzend Sternen, die heller als 8. Größe sind.

Während interessante »Frühlingssterne« sonst eher spärlich gesät sind, verführt dieser Anblick einfach nur zum Zurücklehnen und Spazierenschauen. Besonders sehenswert ist der hübsche Doppelstern 17 Com. Seine beiden Partner leuchten mit 5,3ter und 6,6ter Größe und sind 145 Bogensekunden voneinander getrennt – ein leichtes Spiel für jedes Fernglas.

Mel 111 liegt mitten im »Land, wo die Galaxien blühen« – damit ist der Coma-Galaxienhaufen gemeint. In dunklen Nächten stehen hier selbst mit einem Feldstecher die Chancen gut, ferne Sterneninseln zu erhaschen, zum Beispiel den Spiralnebel NGC 4565. Er liegt etwa eineinhalb Grad östlich von 17 Com und ist mit 10. Größe der hellste Nebel im Feld von Mel 111.

>> Gary Seronik

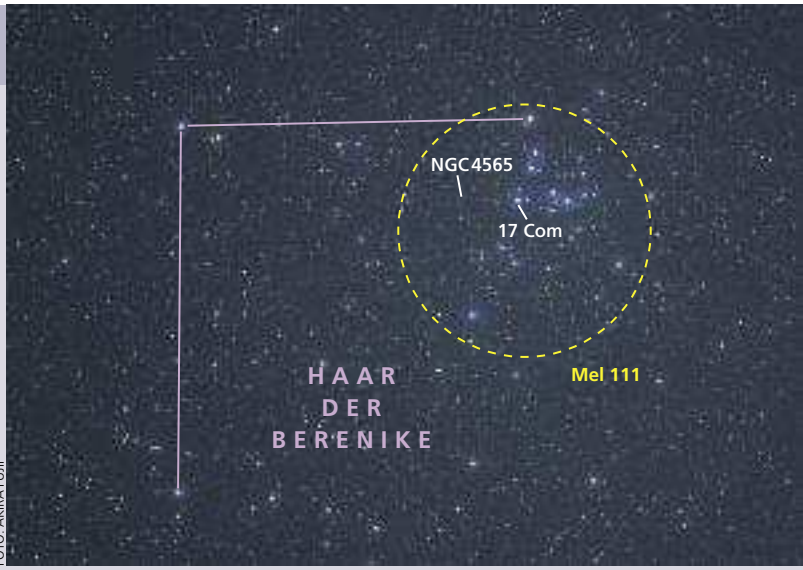
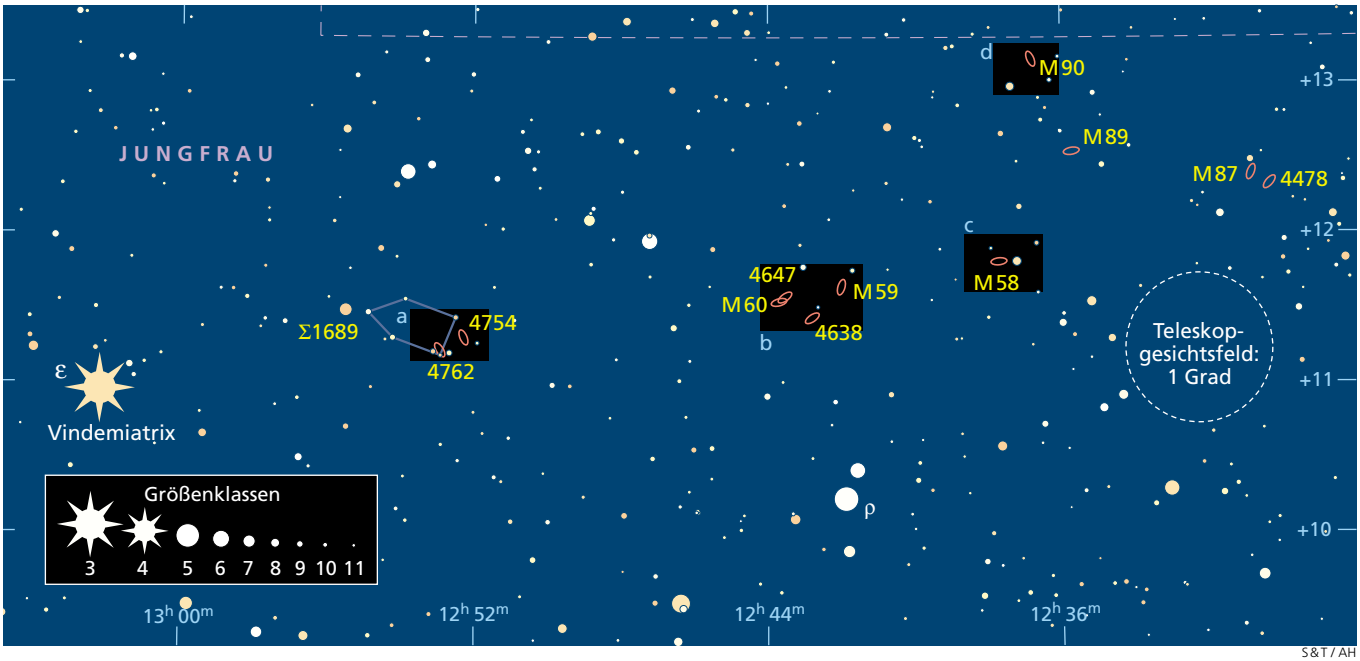


FOTO: AKIRA FUJII

Klein, aber fein Das Sternbild Haar der Berenike ist auf den ersten Blick so unscheinbar, dass es auf der Übersichtskarte (S. 42) nicht mit Namen eingetragen ist.

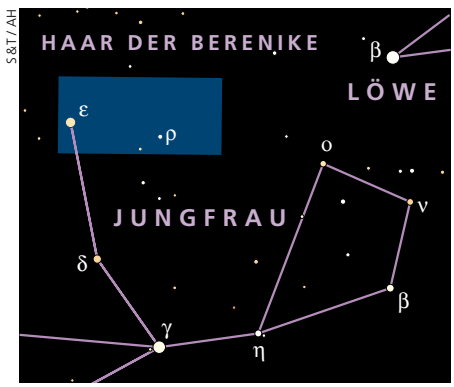


S&T / AH

Unter den Fittichen der Jungfrau

Schwingen Sie sich auf zu den hellsten und schönsten Sterninseln des Virgo-Galaxienhaufens. **>> Sue French**

Viele bebilderte Sternatlanten stellen das Sternbild Jungfrau (»Virgo«) mit Flügeln dar, so zum Beispiel Johann Bayers unvergleichliche »Uranometria« (Augsburg 1603, siehe AH Januar-Februar 2004, S. 36) oder die »Uranographia« von Johann Elert Bode (Berlin, 1801). Diese Schwingen entspringen wahrscheinlich der Assoziation mit der griechisch-römischen Göttin für Gerechtigkeit, Dike, auch Astraea genannt. Nach dem römischen Dichter Ovid wandelte Dike während des goldenen Zeitalters des Friedens und der Freude auf der Erde. Doch während des darauf folgenden silbernen Zeitalters wurden die Menschen gottlos und streitsüchtig. Die Göttin tadelte die Sterblichen und warnte sie vor einer schlimmen Zukunft. Dann zog sie sich in die Berge zurück. Doch die Menschen wandten sich immer mehr dem Bösen zu. Sie führten Kriege und verachteten die Gerechtigkeit.



S&T / AH

An der Nordgrenze **zum Sternbild Haar der Berenike tummeln sich zahllose Galaxien (Ausschnitt oben).**

Auf und davon ...

Deshalb verließ die Göttin die Erde und stieg in den Himmel auf. Dort sehen wir sie heute als Sternbild mit den Flügeln, die sie hinauftrugen. Der nördliche ist geschmückt mit einer Unmenge von Galaxien, die hell genug für kleine Teleskope sind. Alle Galaxien in diesem Gebiet, die Charles Messier im 18. Jahrhundert in seinen Katalog aufnahm, habe ich mit einem 14×70-Feldstecher gefunden.

Beginnen wir bei einer Galaxienkette, die sich von Vindemiatrix (Epsilon Virginis, ε Vir) aus nach Westen zieht (Karte links und Ausschnitt oben). Stellen Sie Ihr Teleskop bei 50facher Vergrößerung so ein, dass sich Vindemiatrix an der südlichen Kante des Gesichtsfelds befindet. Gehen Sie von dort 1,6 Grad nach Westen bis zum schönen Doppelstern Σ1689. Dessen weit auseinander stehende Komponenten 7. und 9. Größe lassen sich schon bei geringer Vergrößerung leicht auflösen. Auch wenn die Spektralklassen des Hauptsterns und seines südwestlich stehenden Begleiters mit M4 beziehungsweise F5 Farben im Orange und gelblich Weißen vermuten lassen, zeigen sich mir die Sterne eher golden und bläulich.

Σ1689 schwebt über dem Dach eines Hauses aus Sternen 9. und 10. Größe. Wenn Sie den Doppelstern an den östlichen Rand Ihres Gesichtsfelds rücken, können Sie das Haus komplett überblicken. Genau westlich von Σ1689 liegt der Stern, der den First markiert. Entsprechend liegen nord- und südwestlich davon die Sterne, die den Boden des Dachgeschosses markieren. Das Fundament des Hauses liegt 1,3 Grad südwestlich davon. Zwei weit auseinander stehende Sterne bilden die Südecke. Genau zwi-

schen diesen beiden liegt die wunderschöne Galaxie NGC 4762, bei der wir genau auf die Kante ihrer Scheibe schauen. Mit meinem 105-Millimeter-Refraktor sehe ich bei 127facher Vergrößerung eine helle Lichtnadel, die sich von Nordnordost nach Südsüdwest erstreckt und von einem dünnen, schwachen Halo umgeben ist. Die Galaxie hat einen sehr kleinen, hellen Kernbereich mit einem sternähnlichen Nukleus. Nur zwei Bogenminuten südlich des Zentrums steht ein Stern 11. Größe. Auch bei hoher Vergrößerung liegt westnordwestlich unter dem Hausfundament eine weitere Spiralgalaxie im gleichen Gesichtsfeld: NGC 4754. Zwei schwache Feldsterne im Südwesten dienen als Wegweiser.

Die Galaxie erscheint fast so hell wie ihre Nachbarin, ist jedoch um einiges kleiner. Sie wirkt wie ein ovaler Staubball, dessen Zentralregion etwas heller ist und einen sternähnlichen Kern umfasst (a). Lew Gramer, ein Amateur aus Massachusetts, nennt dieses Galaxienpaar die Spindel und die Wolle.

Galaktisches Full-House

Wenn wir dieses Galaxienpaar in den Süden eines Felds bei fünfzigfacher Vergrößerung stellen und dann 2,4 Grad nach Westen schwenken, kommen wir zu den Messier-Galaxien M 59 und M 60. Wenn ich die beiden bei 127facher Vergrößerung durch meinen kleinen Refraktor beobachte, ist M 60 die bemerkenswertere. Sie erscheint rund und wird zum winzigen Kern im Zentrum hin wesentlich heller. Bei sehr dunklem Himmel könnten Sie einen kleinen, sehr schwachen Fleck am nordwestlichen Rand des Halos von M 60 entdecken: NGC 4647 (b). Indirektes Sehen kann hier sehr hilfreich sein: Schauen Sie an einer Seite an der Galaxie vorbei statt direkt auf ihr Zentrum. Auch wenn sie ähnlich erscheinen, ist NGC 4647 doch eine Spiralgalaxie, die wir direkt von oben sehen, während M 60 eine elliptische Galaxie ist.

Mit M 59 steht eine weitere elliptische Galaxie im 37 Bogenminuten großen Gesichtsfeld meines 127fach-Weitwinkelokulars. Sie ist eindeutig oval und hat einen sehr kleinen, hellen Kern. Wenn Sie es geschafft haben, den kleinen Begleiter von M 60 zu finden, dann versuchen Sie sich doch auch an NGC 4638, einer kleinen linsenförmigen Galaxie im selben Gesichtsfeld.

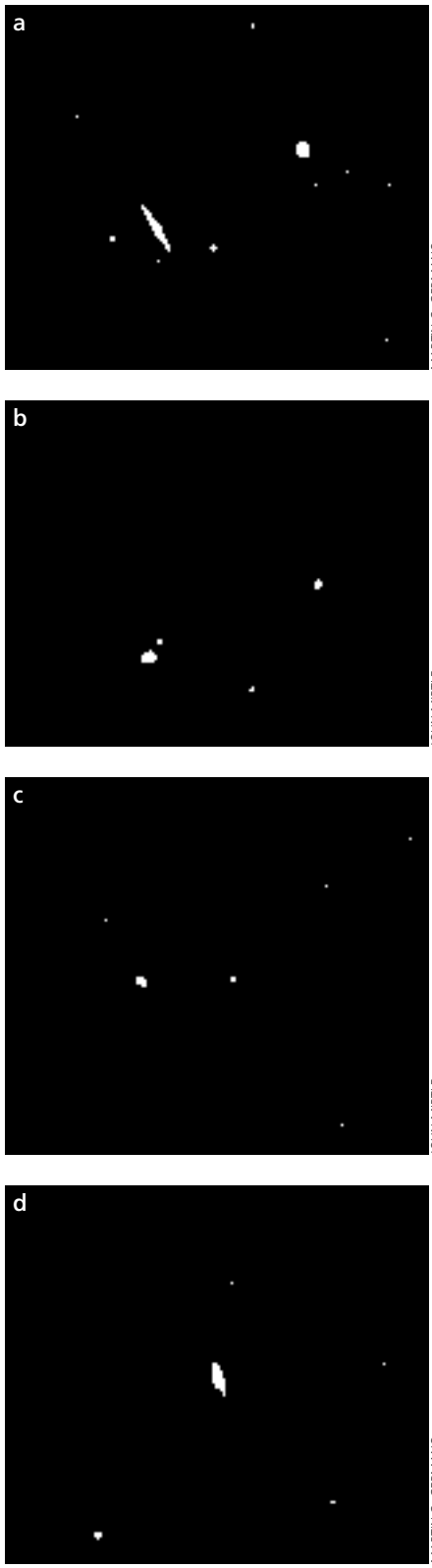
Wenn M 59 im Süden eines Felds bei fünfzigfacher Vergrößerung steht, können Sie um 1,1 Grad nach Westen schwenken und landen bei M 58 (c). Beobachten Sie bei geringer Vergrößerung, haben Sie beide gleichzeitig im Blick.

Bei 127fach zeigt sich diese Balkenspirale als leichtes Oval mit einem deutlichen Zentralbereich und einem kleinen hellen Kern. Ein Stern 8. Größe leuchtet acht Bogenminuten westlich des Zentrums. Bei guten Bedingungen können Sie in M 58 Anzeichen eines zentralen Balkens ausmachen. M 58 markiert eine Ecke eines großen Dreiecks aus drei Messier-Galaxien, wobei die beiden anderen heller sind als M 58. Ein kleines Teleskop, das Vergrößerungen unter 25fach erlaubt, zeigt das gesamte Dreieck in einem Feld. Die hellste der drei Galaxien ist M 87. Durch meinen kleinen Refraktor wirkt sie bei 127facher Vergrößerung leicht oval und misst ungefähr vier auf fünf Bogenminuten. Sie wird Richtung Zentrum stetig heller und hat einen sternähnlichen Kern. Neben dem nördlichen Rand funkelt ein Stern 9. Größe.

Die kleine runde Galaxie NGC 4478, ein schwacher Begleiter mit sternartigem Nukleus, steht ungefähr neun Bogenminuten südwestlich des Zentrums von M 87. Die Spiralgalaxie M 90 (d) ist ovaler und ein wenig leuchtschwächer als M 87. Bei gleicher Vergrößerung erscheint sie etwa fünf mal zwei Bogenminuten groß und ist von Nordnordost nach Südsüdwest gestreckt. Sie zeigt einen schwachen Halo um einen etwas helleren ovalen Zentralbereich, der einen kleinen hellen Kern umschließt. Doch es gibt noch ein weiteres Messier-Objekt in diesem Dreieck: M 89, das lichtschwächste und kleinste Mitglied dieses Quartetts. Diese elliptische Galaxie ist rund, mit einem nicht sehr hellen, sehr kleinen Kern. Sie verblasst nach außen hin.

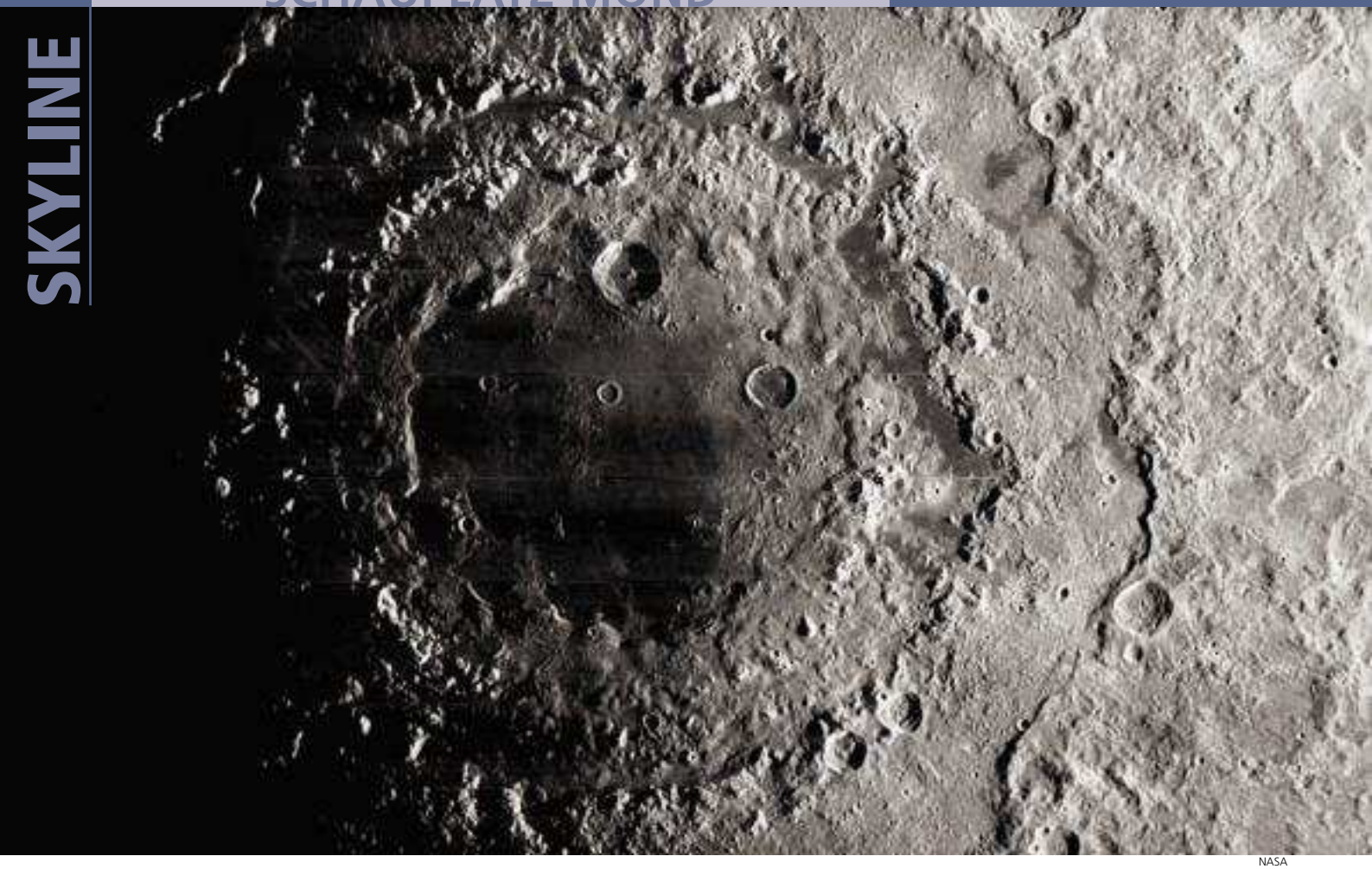
Noch viele andere Galaxien schmücken die Flügel der Jungfrau mit ihrem sanft leuchtenden Sternenstaub. Sie treten in einem solchen Überfluss auf, dass Sie sich leicht zwischen ihnen verlieren können. Eine gute Sternkarte hilft Ihnen, sich darin zurechtzufinden. Vielleicht werden wir diesen Reichtum in einem zukünftigen Deep-Sky-Artikel weiter erforschen. <<

Sue French nimmt Ihre Beobachtungstipps per E-Mail auf Englisch unter scfrench@nycap.rr.com entgegen.



Eine schöner als die andere

Nur zehn Bogenminuten stehen NGC 4762 und 4754 auseinander (a); das Feld um M 59 und M 60 (b). Der 8.-Größe-Stern (c, Bildmitte) führt schnell zu M 58. Der Begleiter oberhalb von M 90, IC 3583 (d), taucht erst in größeren Teleskopen auf.



NASA

Maria und Ringe

Das Mare Orientale **(L80) lässt sich nur dann komplett beobachten, wenn der südwestliche Mondrand etwas zur Erde zeigt. Auf dieser Aufnahme sieht man auch, wie ein Einschlagbecken aussieht, das nicht vollständig mit Lava gefüllt ist.**

Bei der Rekonstruktion der Mondgeschichte spielt der Inhalt der Mondmeere eine gewichtige Rolle. **>> Charles A. Wood**

Aktiver Vulkanismus prägte die Frühzeit der Monds. Das Mare Imbrium und das Mare Serenitatis sind zwei Paradebeispiele für die größten vulkanischen Formationen unseres Trabanten: die Mondmeere. Eine Analyse der Apollo-Mondproben zeigte, dass diese hauptsächlich aus Basalt bestehen (siehe AH März 2005, S. 16).

Mit dem Teleskop einen sichtbaren Hinweis auf den vulkanischen Ursprung der Mondmaria zu finden, ist jedoch gar nicht so einfach. Eigentlich sollte man erwarten, dass die Quellen und Öffnungen oder die Ränder der großen Lavaströme gut zu erkennen sind, wie es auf der Erde und auf dem Mars der Fall ist. Doch sind die meisten Mondmaria über 3,5 Milliarden Jahre alt und wurden seitdem von Mikrometeoriten bombardiert. Dieser Dauerbeschuss hat ihre Oberfläche bis zu einer Tiefe von etwa fünf Metern umgegraben – tief genug, um die Kanten der meisten Lavaflüsse abzutragen.

Lange Schatten

Lediglich im westlichen Teil des Mare Imbrium sind noch einige Ränder von Lavaströmen erkennbar. Diese sind nur zehn bis dreißig Meter hoch und daher allein bei niedrigem Sonnenstand von der Erde aus beobachtbar, wenn sie lange Schatten werfen. Bei höherem Sonnenstand oder gar direkter Beleuchtung von oben ist die Grenze der Lavaflüsse nur als eine dünne, etwas hellere Linie schwach zu sehen. Wenn Sie diese finden wollen, so schauen Sie vom Berg La Hire nordwärts zum nahe gelegenen Krater Carlini.

Die Grenze verläuft genau dazwischen. Verwechseln Sie aber nicht die feinen Ränder der Lavaflüsse mit den größeren Lavarücken Dorsum Heim und Dorsum Zirkel. Letztere sind »geologische« Faltungen, die erst später entstanden, als sich das Zentrum des Mare Imbrium senkte. Die Lavaflüsse verlaufen ungefähr senkrecht zu diesen Rücken. Sie sind so schwer zu erkennen, dass ich ihnen in meiner Lunar-Top-100-Liste (siehe AH Juli/August 2004, S. 54), die nach

NASA

K.C. PAU

Die Lunar Top 100

5 **Imbrium-Lavaflüsse:** Ränder von Lavaflüssen in den Mondmaria

Die Ränder der Imbrium-Lavaflüsse (L98) nördlich des Mondbergs La Hire (rechts) sind auf dieser Apollo-15-Aufnahme deutlich zu sehen. Auf dem Bild ganz rechts sind die Lavarücken Heim und Zirkel relativ gut, die Ränder der Lavaflüsse (Pfeile) jedoch nur schwach zu erkennen.

steigendem Schwierigkeitsgrad geordnet ist, die Nummer L98 gegeben habe.

Die großen Becken auf der Mondvorderseite sind durch gewaltige Meteoriteneinschläge entstanden, die die Mondkruste bis in Tiefen von mehr als zehn Kilometern zertrümmert haben und so Spalten erzeugten, durch die Magma bis an die Oberfläche vordringen konnte. So wurden alle großen Einschlagbecken auf der Mondvorderseite im Lauf der Zeit von Lava überflutet. Die im Mare Imbrium sichtbaren Lavaflüsse sind dabei die jüngsten.

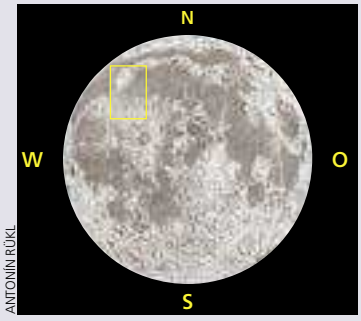
Volle Packung

Das Abschätzen des Lavavolumens in einem Einschlagbecken ist übrigens nicht einfach, denn die meisten von ihnen sind entweder fast voll oder sogar übergelaufen. Die Maria Tranquilitatis, Fecunditatis und Nubium sind so hoch mit Lava angefüllt, dass ihre Beckenstruktur kaum noch zu erkennen ist. In den Maria Imbrium und Serenitatis ist die Lava dagegen nicht übergelaufen. Die Ränder jener Becken sind daher als Apenninen (L4) und Mons Haemus noch deutlich zu erkennen. Auch die Maria Crisium und Humorum sind fast vollständig von Gebirgen umgeben. Im Nectarisbecken ist die Lavafüllung dagegen so gering, dass Sie den größten Teil des Beckenbodens noch erkennen können. Das Mare Orientale am Westrand des Monds hat noch weniger Füllung. Man kann daran sehen, wie die anderen Becken früher ausgesehen haben müssen. Der Höhenunterschied zwischen Altaigebirge und dem Boden des Mare Nectaris beträgt etwa fünf Kilometer, beim Mare Orientale liegt der Höhenunterschied sogar bei sechs Kilometern.

Vor dreißig Jahren hat James Head von der Brown University die Größe und die Tiefe aller Mondmaria berechnet und stellte fest, dass sie nur 17 Prozent der Gesamtoberfläche und nur ein Prozent des Volumens der Mondkruste ausmachen. Er entwickelte ein Modell, wie sich ein Einschlagbecken mit Lava füllt, und benutzte dabei das Mare Orientale als Ausgangspunkt. Statt richtige Steine aufzuschmelzen, was viel zu aufwändig gewesen wäre, benutzte er ein digitales topografisches Modell des Beckens, das er im Computer Schicht für Schicht mit Lava füllte. Nachdem er eine sechs Kilometer dicke Schicht aufgefüllt hatte, blieben nur noch die Kordilleren am Rand des Beckens und der innere Rook-Ring übrig. Und so sieht heute auch das Mare Imbrium aus: Sein Rand wird durch die Gebirgsbögen der Apenninen, des Kaukasus, der Alpen und der Karpaten begrenzt. Einzelne Berggipfel wie Spitzbergen, Piton, Pico (L23), Montes Recti und Mons La Hire sind die Überreste eines oder mehrerer innerer Ringe.

Zwischen isolierten Berggipfeln lassen sich anhand von Lavarücken oft innere Ringe erkennen, die in anderen Einschlagbecken vollständig überflutet sind. Das auffälligste Beispiel hierfür ist Dorsa Smirnow (L33, im Englischen Serpentine Ridge genannt), der parallel zum Ostufer des Mare Serenitatis verläuft. Auf der westlichen Seite des Mare Serenitatis findet sich ein weiterer Lavarücken, der zum selben inneren Ring gehört. Ein Rätsel indes bleibt: Wir haben den Entstehungsmechanismus der inneren Ringe immer noch nicht ganz verstanden. So bleibt auch für zukünftige Generationen von Mondforschern einiges zu tun. <<

So finden Sie das Mare Imbrium



ANTONIN RÜKL

Günstige Beobachtungszeiten der Lavaflüsse im Mare Imbrium sind fünf Tage vor Vollmond (am 20.3. gegen 21 Uhr) oder fünf Tage vor Neumond (am 5.3. gegen 5 Uhr).

Auf www.lpod.org stellt Ihnen **Charles A. Wood** jeden Tag einen neuen seiner Mondfavoriten vor.

ALLE FOTOS: AH, FRANK SCHUBERT

Zum Ersten, zum Zweiten …

Von Bäumen umgeben ist die Sternwarte auf dem Hainberg in Göttingen (oben). Im hauseigenenen Inventar finden sich zahlreiche historische Utensilien, zum Beispiel der hier abgebildete Mikrometerschlitten zum Ausrichten des Okulars auf bestimmte Sterne.

Das Land Niedersachsen möchte einen Verkauf tätigen, der Astronomen aufhorchen lässt. **>> Frank Schubert**

Haben Sie sich schon einmal vorgestellt, wie es wäre, eine Sternwarte zu besitzen? Nachts die Kuppel zu öffnen, sich an ein großes Teleskop zu setzen und den Sternhimmel nach Herzenslust zu bereisen? Dieser Traum ist nicht so unrealistisch, wie es scheint. Das Land Niedersachsen schreibt in nächster Zeit das Hainberg-Observatorium in Göttingen zum Verkauf aus. Der Preis ist nicht festgelegt und Verhandlungssache. »Der Meistbietende bekommt den Zuschlag«, sagt Joachim Kühn vom Niedersächsischen Finanzministerium.

Das Hainberg-Observatorium liegt außerhalb des bebauten Stadtgebiets in einem bewaldeten Gelände. Es umfasst insgesamt vier Häuser: eine Sternwarte, ein Sonnenturmgebäude, ein Heizungshaus und ein kleines Lagerhaus. Alle Gebäude wurden in den 1920er bis 1940er Jahren errichtet.

Bisheriger und einziger Betreiber der Anlage war die Universität Göttingen. Sie führte hier bis in die 1980er Jahre wissenschaftliche Untersuchungen durch. Danach nutzte sie das Observatorium nur noch für studentische Praktika und öffentliche Führungen.

Für Sterngucker reserviert

Nun zieht die Universitätssternwarte auf einen neuen Campus im Norden Göttingens und benötigt das Hainberg-Observatorium nicht mehr – deshalb der Verkauf. Bisher haben sich schon einige Interessenten gemeldet. Manche von ihnen wollten die Häuser für Wohnzwecke umbauen oder Künstler-Studios daraus machen. »Das ist aber nicht zulässig«, sagt Kühn, »wir verkaufen nur an den, der das Observatorium auch weiterhin für astronomische Zwecke verwendet.« Somit könnte es zum Beispiel für Beobachtervereine interessant sein.

Das vorhandene Instrumentarium ist allerdings recht speziell. Hauptinstrument der Sternwarte ist ein 34-Zentimeter-Linsenteleskop mit einer Brennweite von etwa vier Metern, das ausschließlich darauf ausgelegt ist, Astrofotografien im Bereich des ultravioletten Lichts aufzunehmen. Beobachtungen mit dem Auge (also der Blick durchs Okular) sind damit nicht möglich. 1930, als das Hainberg-Observatorium in Betrieb genommen wurde, installierte man dieses Instrument hauptsächlich, um offene Sternhaufen im nahen UV-Bereich zu fotografieren.

Zwei große Planspiegel reflektieren das Sonnenlicht in den Turm des Sonnenobservatoriums (oben). In der Sternwarte (unten) sind drei Instrumente auf einem Stativ montiert: ein 24- und ein 34-Zentimeter-Linsenfernrohr sowie ein 50-Zentimeter-Schmidtspiegel.

Auf der gleichen Montierung wie das 34-Zentimeter-Instrument befinden sich zwei weitere Beobachtungsgeräte: ein 24-Zentimeter-Refraktor und ein Fünfzig-Zentimeter-Schmidtteleskop. Der Refraktor wurde ebenfalls 1930 in Betrieb genommen, er dient als Leitrohr für das 34-Zentimeter-Teleskop und kann für Beobachtungen und Astrofotos im Bereich des sichtbaren Lichts genutzt werden. Der Schmidtspiegel wurde 1937 montiert, sieben Jahre später als die beiden anderen Fernrohre. Er eignet sich genauso wenig für direkte Beobachtungen wie das 34-Zentimeter-Instrument, dafür allerdings sehr gut für die Astrofotografie: Sein Ein-Grad-Gesichtsfeld erlaubt es, verhältnismäßig große Himmelsareale einzufangen.

Die Sonne im Visier

Ein paar Meter neben der Sternwarte liegt das Sonnenturmgebäude, gebaut für die Beobachtung unseres Zentralsterns. Es ging 1944 in Betrieb – eine Jahreszahl, die aufhorchen lässt. Und in der Tat hat es damit eine besondere Bewandtnis: Gegen Ende des Zweiten Weltkriegs, als die öffentlichen Mittel in Deutschland immer knapper wurden, gab es erstaunlicherweise eine relativ großzügige staatliche Förderung von astronomischen Projekten zur Sonnenbeobachtung. Der Grund lag darin, dass die Aktivität der Sonne sich auf die Qualität des Funkverkehrs auf der Erde auswirkt. Von der Untersuchung unseres Zentralgestirns erhoffte man sich daher praktische Erkenntnisse für militärische Kommunikationseinrichtungen.

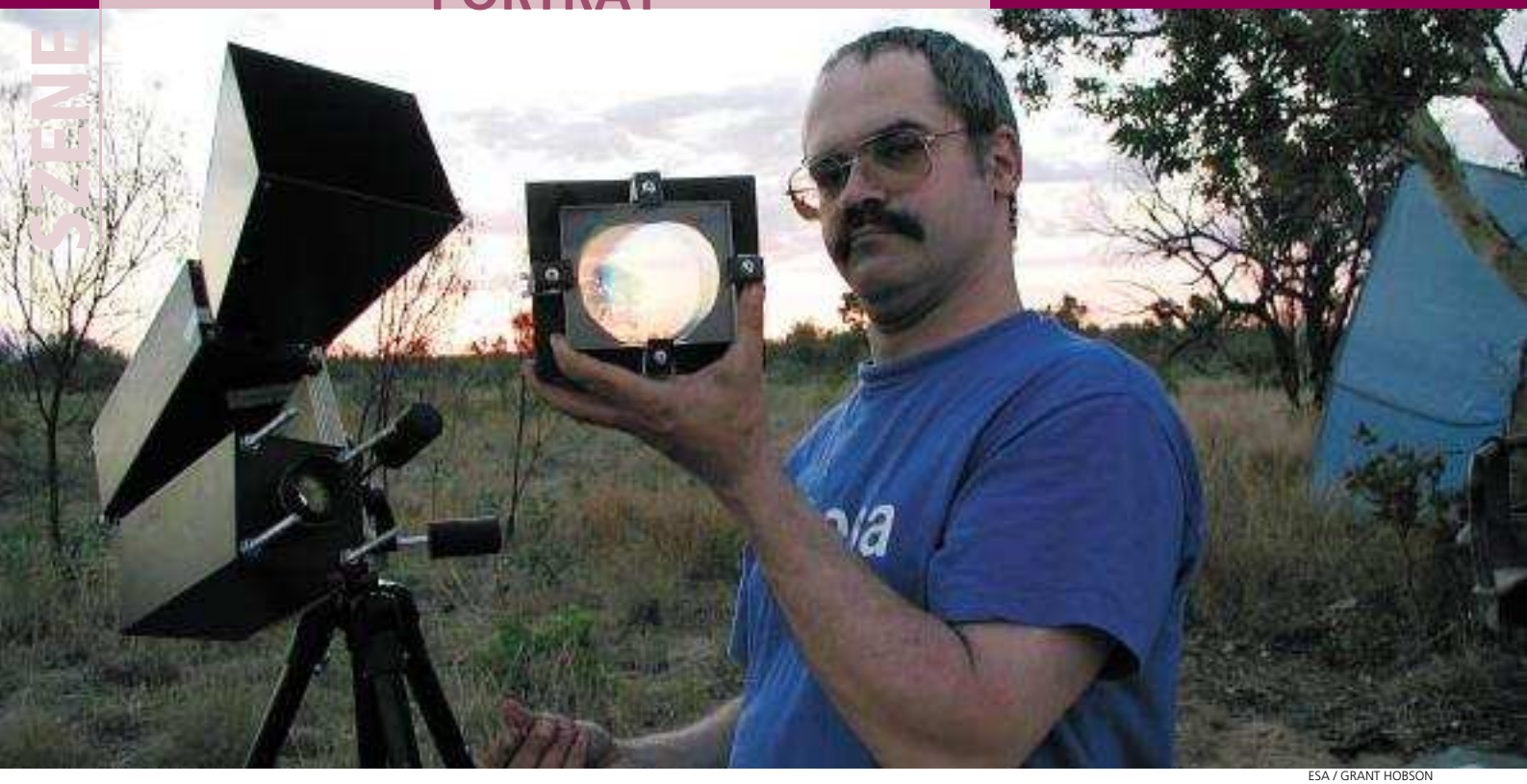
Das Sonnenturmgebäude ist ein dreigeschossiger Bau, in dessen Innerem sich ein hölzerner Turm durch alle Stockwerke zieht. Er stößt oben durchs Dach des Gebäudes und mündet in eine Beobachtungskuppel. Hier sind zwei große ebene Spiegel aufgestellt, die das Sonnenlicht bei geöffneter Kuppel in den Turm hineinreflektieren.

Auf dessen Boden befand sich bis vor Kurzem ein Hohlspiegel – er wird von der Universitätssternwarte noch benötigt und wurde daher ausgebaut –, der das auftreffende Sonnenlicht zurückwarf und in einem Brennpunkt auf der Höhe des zweiten Stockwerks bündelte. Dort lagen früher die Labore, in denen das fokussierte Licht mit Hilfe von Spektrometern untersucht wurde. Noch heute hängen großformatige Ausdrucke von Sonnenspektren an der Wand, aus deren Vermessung man früher auf die physikalischen Vorgänge auf unserem Zentralstern schloss.

Das Observatorium ist durch seine Einbettung in den Wald landschaftlich schön gelegen. Doch »leider behindern die Bäume den Blick auf den Horizont«, wie Klaus Reinsch von der Universitätssternwarte sagt. Das hielt die Besucher in den letzten Jahren aber nicht davon ab, scharenweise zu den astronomischen Führungen und Vorträgen zu strömen. Allein am Tag des Venustransits im Juni 2004 kamen vierhundert. »Da stand eine Schlange bis weit vor die Türen, und jeder wollte einmal durch das Teleskop schauen«, erinnert sich Reinsch. Insgesamt zählte das Observatorium etwa tausend Besucher pro Jahr.

Ob diese Zeiten jetzt vorbei sind, wird sich beim Verkauf des Observatoriums zeigen. Vielleicht findet sich ja ein neuer Betreiber, der das Instrumentarium sinnvoll nutzen und ergänzen möchte und der die Sternwarte einer interessierten Öffentlichkeit erschließen kann. Wer weiß – vielleicht Sie? <<

Frank Schubert hofft, dass das Göttinger Observatorium nicht allzu lange ungenutzt bleibt.



ESA / GRANT HOBSON

Ausgezeichnet

André Knöfel ist Amateurastronom. Das Besondere daran: Er hat für sein Hobby den Bundesverdienstorden erhalten.

>> Frank Schubert

Seine Leidenschaft für die Astronomie hat André Knöfel schon bis nach Australien geführt. Dort beobachtete er Meteorströme.

Wäre die Sache mit dem Wildschwein nicht gewesen, dann wäre André Knöfel vielleicht nicht begeisterter Amateurastronom geworden. Obwohl – vermutlich hätte er den Sternhimmel auch so für sich entdeckt. Spätestens beim Urlaub im Ferienbungalow. Aber schön der Reihe nach.

»Wir beglückwünschen den Sternfreund André Knöfel«, gab der Verein der Sternfreunde vor Kurzem bekannt. Knöfel, so war zu lesen, hatte eine gewichtig klingende Auszeichnung erhalten: die Verdienstmedaille des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland. Was muss man sich darunter vorstellen?

»Das ist die unterste Stufe des Bundesverdienstordens«, erklärt Knöfel, »und ich hatte eigentlich gedacht, dass man dafür zwanzig Menschenleben retten muss oder so was.« Doch Knöfel erhielt die Ehrung, weil er 1998 eine Beobachtergruppe an der Sternwarte Essen aufbaute und seither sehr erfolgreich betreut. Der Sternwartenverein Essen schlug ihn für die Auszeichnung vor. »Ich war völlig von den Socken«, berichtet der gelernte Assistent für Meteorologie.

Die von ihm geleitete Gruppe hat sich auf die Untersuchung von Kleinplaneten spezialisiert, die im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter kreisen – Knöfels langjähriges Steckenpferd. Von diesen Himmelskörpern hat er schon mehr als dreißig entdeckt beziehungsweise war bei ihrer Entdeckung dabei. Irgendwo da draußen fliegt auch ein Asteroid durch den Raum, der seinen Namen trägt.

»Ich war völlig von den Socken«, beschreibt Knöfel seine Überraschung, als er die Verdienstmedaille bekam.

AH, FRANK SCHUBERT

BEIDE FOTOS: AH, FRANK SCHUBERT

Hauptberuflich arbeitet André Knöfel als Wetterbeobachter, derzeit am Meteorologischen Observatorium Lindenberg. Dort kann man noch die alten Wetterbeobachtungsdrachen bestaunen (links); rechts eine der Messstationen.

Ist es nicht schwierig, solche nur kilometergroßen, äußerst leuchtschwachen Brocken in den Tiefen des interstellaren Raums ausfindig zu machen? »Wir sind mehr oder weniger zufällig darüber gestolpert«, erläutert Knöfel. »Unsere eigentliche Aufgabe besteht darin, die Positionen bereits bekannter Kleinplaneten genauer zu bestimmen.« Zu diesem Zweck lichtet die Beobachtergruppe gezielt Himmelsareale ab, in denen bestimmte Kleinplaneten zu finden sein müssten, und ermittelt dann, wo genau diese sich innerhalb des Areals befinden. Mit den gewonnenen Daten können die Umlaufbahnen der Brocken, die oft nur grob bekannt sind, präzisiert werden.

Verdächtig

Beim Durchforsten der Aufnahmen fielen Knöfel manchmal einige kleine Lichtpunkte auf, die da eigentlich nicht hingehörten. Das weckte den Verdacht in ihm, dass dort ein bislang unbekannter Kleinplanet seine Runden drehe. Er rechnete die mutmaßliche Bahn dieses Asteroiden um mehrere Jahre zurück und durchwühlte alte Archivfotos, die jene Himmelsgebiete zeigten, in denen sich der Asteroid zum Zeitpunkt der Aufnahme befunden haben müsste. Und tatsächlich: Die Archivaufnahmen zeigten an der vermuteten Stelle das Lichtpünktchen, es war nur bislang nicht beachtet worden. Unter den zahlreichen Kleinplaneten, die Knöfel auf diese Weise aufspürte, war auch ein »Erdbahnkreuzer«: ein Brocken, der irgendwann auf Kollisionskurs mit unserem Heimatplaneten gehen könnte.

Knöfel ist Amateurastronom mit Leib und Seele. Sogar seine Urlaube stellt er in den Dienst der Sternguckerei. »Im Frühjahr und Herbst fahre ich immer zur Sternwarte Drebach im Erzgebirge«, erzählt er. Dort kann er sich in seinen freien Tagen voll dem Studium des Firmaments widmen. Wenn schönes Wetter herrscht, kommt er gar nicht mehr vom Teleskop weg – einmal hat er so eine ganze Woche lang den Nachthimmel beobachtet, nur tagsüber gönnte er sich ein paar Stunden Schlaf.

Bei so viel Begeisterung verwundert es eigentlich, dass Knöfel die Astronomie nicht zu seinem Beruf gemacht hat. Der geborene Berliner absolvierte nach der Schule eine Ausbildung zum Wetterbeobachter und war zunächst an der Flugwetterwarte Berlin-Schönefeld angestellt, um dann Anfang der 1990er zur Flugwetterwarte Düsseldorf zu wechseln. Heute arbeitet er am Meteorologischen Observatorium Lindenberg und beschäftigt sich dort unter anderem mit Messungen des Ozongehalts der Erdatmosphäre.

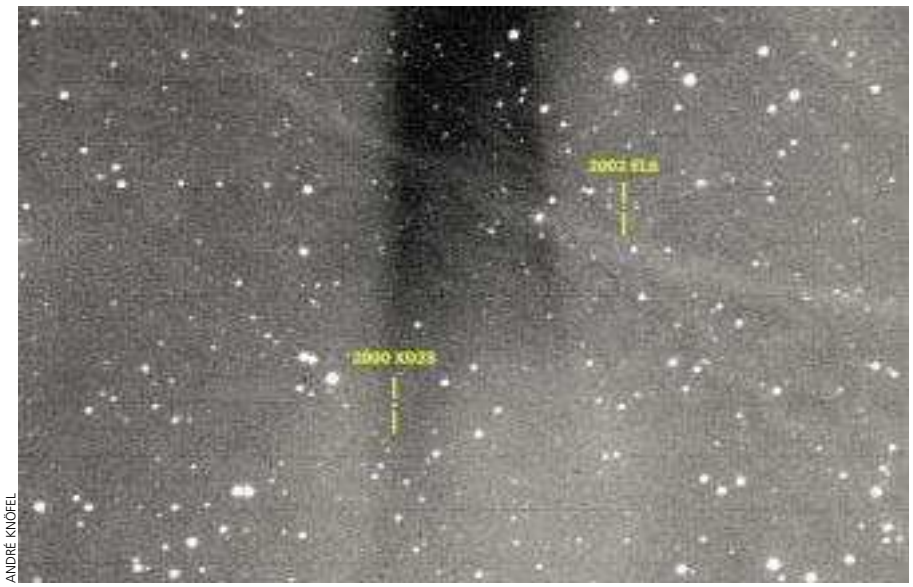
»Die Wetterbeobachtung war schon immer mein Berufsziel«, erzählt Knöfel. Seiner astronomischen Leidenschaft frönt er ausschließlich in der Freizeit. Voller Vorfreude berichtet er, dass er sich demnächst ein Dreißig-Zentimeter-Spiegelteleskop zulegen wird. Wo er das aufstellen will, weiß er auch schon: auf dem Gelände des Meteorologischen Observatoriums. Da gibt es nämlich kaum Lichtverschmutzung – Lindenberg liegt Dutzende Kilometer südöstlich von Berlin und besteht nur aus dem Observatorium und einem kleinen Dorf.

Unfall mit lebenslangen Folgen

Bei der Frage, wie er seine Freude an der Astronomie entdeckt hat, lacht er. »Eines Abends war ich mit meinem Vater im Auto unterwegs, als wir mitten im Wald ein Wildschwein anfuhren«, erzählt Knöfel. Der Vater musste stoppen und die Polizei verständigen. Knöfel ging derweil ein Stück in den Wald hinein und fand eine Lichtung, über der ein wolkenloser Sternhimmel prangte, an dem gerade eine Sternschnuppe niederging. »Es >

Nicht einmal Stechmücken können André Knöfel von der Himmelsbeobachtung abhalten (oben). Er hat schon zahlreiche Kleinplaneten entdeckt – darunter den Apollo-Asteroiden 2002 EL6, den er auf einer Routineaufnahme des Kleinplaneten 2000 XD33 aufspürte (unten).

ESA / GRANT HOBSON



ANDRÉ KNÖFEL

> war traumhaft und hat mich bleibend geprägt«, erinnert er sich.

Manchmal machte Familie Knöfel auch Urlaub in einem Ferienbungalow. Um das gewisse Örtchen aufzusuchen, musste man den Bungalow verlassen und ein paar Meter durch die Finsternis zum benachbarten Toilettengebäude stapfen. Bei diesen nächtlichen Ausflügen passierte es, dass Knöfel gar nicht mehr vom Anblick des Sternhimmels loskam. »Nach einer Stunde machte sich meine Mutter dann doch Sorgen und holte mich wieder rein«, erzählt er.

Bis früh um sieben

Mit elf Jahren ging er in eine Astronomie-Arbeitsgemeinschaft an der Archenhold-Sternwarte in Berlin-Treptow. Wenn er zu den Beobachtungsabenden fuhr, nahm er vorsorglich seinen Schlafsack mit. Während andere Kinder von ihren Eltern gesagt bekamen, dass sie bloß nicht zu spät nach Hause kommen sollten, war es bei ihm genau andersherum: Seine Mutter schärfte ihm ein, nicht vor sieben Uhr morgens zurückzukehren, damit er nicht nachts durch die Stadt fahren müsse.

Neben Kleinplaneten beobachtet Knöfel heute auch Meteore, zum Teil in Zusammenarbeit mit der europäischen Weltraumorganisation Esa. Er nimmt die Sternschnuppen mit einer Videokamera auf und bestimmt auf den Fotos, wann und wo sie am Nachthimmel auftreten. Die Messwerte gehen in eine internationale Datenbank und dienen zur Untersuchung der Physik von Meteorströmen. »Ich habe für die Esa schon in Spanien, Australien und in der Mongolei beobachtet«, erzählt Knöfel und weist auf ein Foto von der australischen Steppe.

Die Aufenthalte in Australien und der Mongolei, sagt er, seien nicht spurlos an ihm vorübergegangen. Heute pflege er die Erinnerung daran, indem er sich in mongolischem Obertongesang und im Spielen des Didgeridoo übe. Zur Bekräftigung seiner Worte nimmt er ein Didgeridoo aus der Ecke, setzt es an und entlockt ihm jene eigenartigen Töne, die für dieses Instrument typisch sind.

Hat die Verdienstmedaille irgendeine Auswirkung auf seine astronomische Arbeit? »Nun ja, immerhin werde ich in meinem Hobby jetzt ziemlich stark von meinem Chef unterstützt«, meint Knöfel. In Zukunft will er auch die periodischen Helligkeitsveränderungen von Kleinplaneten untersuchen, die entstehen, wenn die unregelmäßig geformten Himmelskörper rotieren und dabei mal ihre schmalere, mal ihre breitere Seite zur Erde drehen. Aus solchen Beobachtungen kann man zum Beispiel auf die Rotationsdauer der Kleinplaneten schließen.

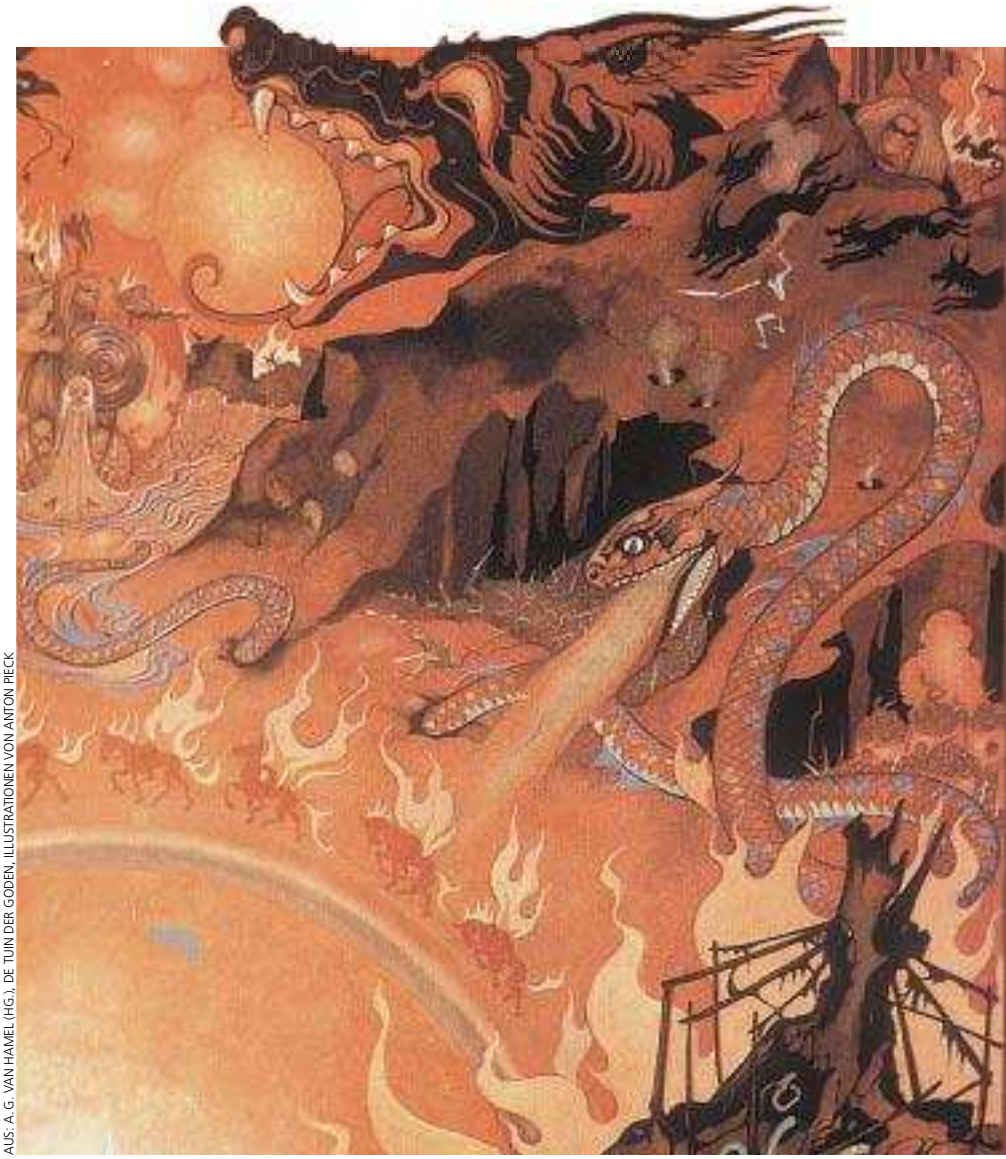
Obwohl Knöfel jetzt bei Berlin wohnt und demnächst nach Lindenberg zieht, besucht er seine Beobachtergruppe in Essen immer noch regelmäßig. Und die Sternwarte Drebach gehört sowieso zu seinen festen Anlaufpunkten. Die Liste der astronomischen Vereine, denen er angehört, ist endlos: Verein der Sternfreunde, Sternwartenverein Essen, Förderverein der Archenhold-Sternwarte, Arbeitskreis Meteore und noch viele mehr. Eines kann als sicher gelten: André Knöfel wird in seinem Leben noch etliche Nächte am Teleskop verbringen. <<

Frank Schubert reiste für diesen Bericht von Heidelberg nach Lindenberg – eine Strecke von mehreren Kleinplanetenumfängen.

Der Bärenhüter

Seit Menschengedenken ziehen die zirkumpolaren Sterne ihre geordneten Bahnen am Himmel. Ihr himmlischer Hirte gibt Acht, dass sie nicht verloren gehen. **>> E. C. Krupp**

Die nordischen Mythen schildern »Ragnarök«, den Tag des Untergangs, an dem der Fenriswolf und die Midgardschlange ausbrechen und das Böse die Macht antritt.



AUS: A. G. VAN HAMEL (HG.), DE TUIN DER GODEN, ILLUSTRATIONEN VON ANTON PIECK

Die Sterne des Nordhimmels sammeln sich um den Polarstern wie eine Herde um ihr Leittier. Jahraus, jahrein bewegen sie sich konzentrisch um ihn herum und zerstreuen sich dabei niemals – ganz so, als würde ein himmlischer Aufpasser auf sie Acht geben. Diesen Hirten gibt es wirklich: Es ist das Sternbild Bärenhüter (»Bootes«) in der Nähe des Großen Wagens.

Wie der Astronomieautor Richard Hinckley Allen schrieb, sahen die mittelalterlichen Araber die zirkumpolaren Sterne als Schafe an, die den Himmelsnordpol umkreisen, und deuteten Bootes als ihren Schäfer. Die Griechen hingegen glaubten, dass Bootes auf eine Gruppe von Bären aufpasse. Manchmal bezeichneten sie dieses Sternbild auch als Arctophylax oder »Bärenbeobachter« und nannten den hellsten Stern darin Arcturus, also »Bärenbewacher«.

Ein Ochsenfuhrwerk

Doch der Name Bootes bedeutet wohl eigentlich »Ochsentreiber« und man stellte sich ihn oft als Fahrer des Großen Wagens vor, der im alten Griechenland und Rom schlicht als »Der Wagen« bekannt war. Der griechische Dichter Aratus schilderte seine Himmelsbeobachtungen in dem Werk »Phaenomena«, dem ältesten bekannten Sternführer. Über den Bärenhüter schreibt er: »Arctophylax, den die Menschen Bootes nennen, weil er den wagenähnlichen Bären zu berühren scheint«, dieser Arctophylax also folge am Himmel dem Großen Wagen.

In Großbritannien bezeichnet man den Großen Wagen als Pflug und einige frühere Autoren glaubten, Bootes bestelle die Felder des Himmels mit diesem von Ochsen gezogenen Gefährt. Für den römischen Schriftsteller Varro aus dem 1. Jahrhundert v. Chr. war der Große Wagen der »Triones« oder »Pflugochse«. Und der für seine Reden berühmte Cicero prägte für dieses Sternbild den Namen »Septentriones«, was »Die sieben Pflugochsen« bedeutet. Der römische Mythensammler Hyginus, der im 1. Jahrhundert v. Chr. verschiedene Legenden im »Poeticon Astronomicon« zusammentrug, erkannte in Bootes den sagenumwobenen Bauern Philomelus, welcher der Überlieferung nach den Pflug erfunden und so die römische Landwirtschaft revolutioniert haben soll. Als Lohn dafür wurde er von seiner Mutter Ceres, der Göttin des Wachstums und der Ernte, zum Sternbild erhoben.

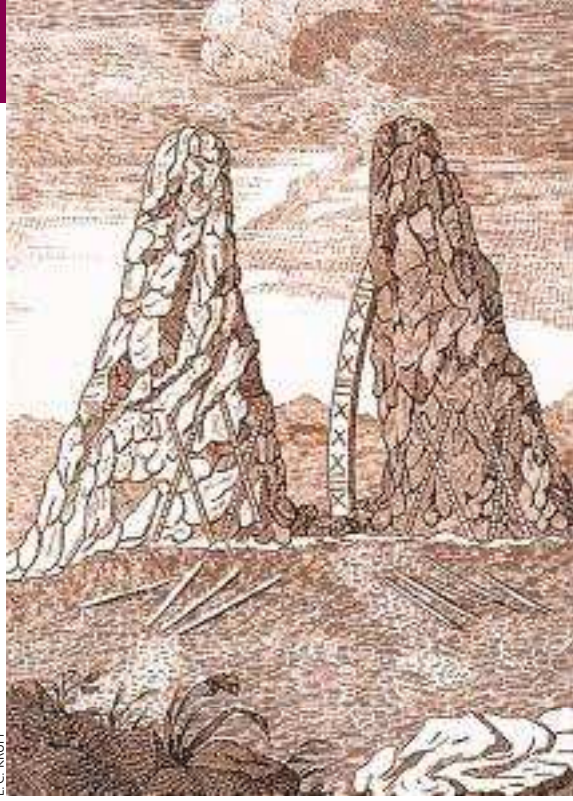
Dass man den Großen Wagen oft mit Rindern in Verbindung brachte, hat sei-

nen Ursprung möglicherweise in Ägypten. Dort deutete man ihn als Bein eines Bullen. Die Grabkammer des Pharaos Seti I., die im ägyptischen Tal der Könige liegt, enthält eine aufschlussreiche Darstellung: Sie zeigt den Großen Wagen als himmlischen Bullen, der von einem Mann mit Zügeln zum Himmelsnordpol getrieben wird. Während Bootes heute also rund um den Polarstern die Bären auf Trab hält, bestellte er in der Antike – Nacht für Nacht, Jahr für Jahr – die nördlichen Sternfelder, damals mit Hilfe der Himmelsochsen. Dass man die Sterne des Großen Wagens als Pflugtiere deutete und Bootes als Bauern, weist auf die große Bedeutung der römischen Landwirtschaft hin. Bei den Jägern und Viehzüchtern in Lappland jedoch verbindet man mit diesen Sternbildern etwas ganz anderes. Der lappländische Rentierhirte Johan Turi schilderte 1910 sein Alltagsleben in dem Buch »Turi's Book of Lappland«.

Mit Pfeil und Bogen

Seinen Aufzeichnungen fügte er unter anderem zwei handgezeichnete Sternkarten bei. Turis Erläuterungen zu einer der Sternkarten weisen Arktur als den Jäger Favtna und den Großen Wagen als dessen Bogen aus. Favtna pirscht sich an den himmlischen Elch Sarva heran. Diesen bildeten die Lappen aus Sternen, die wir heute den Konstellationen Fuhrmann, Perseus und Kassiopeia zuordnen. So wie der römische Sternenbauer und seine Himmelsochsen immer neue Feldfrüchte anbauten, unterlagen auch der lappländische Himmelsjäger und sein Elch einer fortwährenden Erneuerung. Man glaubte, dass Favtna und die anderen Sterne durch das Jagen des Elchs die Menschen mit Wild versorgten.

Johan Turis zweite Karte zeigt Boahjenaste, den Polarstern, der »die Himmel oben hält«. Boahje-naste heißt »nördlicher Nagel«, ein Name, den auch die Finnen benutzen. Die Samojeden im Nordwesten Sibiriens sind sprachlich mit den Finnen und Lappen verwandt, und auch sie betrachten den Polarstern als »Nagel des Firmaments …, um den sich die Himmel drehen«. Ins Himmelsgewölbe gebohrt, hielt der nördliche Nagel durch die Kraft von Veralden Rade, dem höchsten Gott und Herrscher über die Welt, den Himmel an der richtigen Stelle. Um Veralden Rade gnädig zu stimmen, brachten ihm die Lappen Opfer auf Altären dar, die sie mit einer gegabelten oder gespaltenen Holzsäule versahen. Diese Säule, von den Lappen »Säule der Erde« genannt, stand stellvertretend für die irdische Polachse.



E.C. KRUPP

Opferaltar **Diese »Säule der Erde« wurde im 18. Jahrhundert in Norwegen entdeckt. Ein Holzstamm zwischen zwei riesigen Steinen enthielt in seiner Spitze einen Nagel – ein Symbol für den »Nördlichen Nagel«.**

Turi schildert, dass Favtna schließlich einen Pfeil auf den Polarstern abschießen wird. Wenn dieser sein Ziel trifft, bricht das Ende der Welt herein. Am letzten Tag »wird der Himmel einstürzen und die Erde zerschmettert, die ganze Welt wird in Flammen aufgehen und alles findet ein Ende«.

Diese apokalyptischen Visionen haben eine Parallele in den nordischen Mythen. Obwohl die indoeuropäischen Sprachen Skandinaviens nicht mit dem Finnischen oder Lappländischen verwandt sind, kannten auch die Normannen den Polarstern als »Nagel der Welt«. Sie stellten sich die Erdachse als eine mythisch-kosmische Weltesche vor. Isländische Gedichte in der älteren »Edda« beschreiben Ragnarök oder »das Schicksal der Götter«, das ist der Untergang, der dereinst über die Welt der Wikinger hereinbrechen wird. Wenn es so weit ist, dann – so berichten die Sagen – verdüstert sich die Sonne, schwankt die große Weltesche Yggdrasil, versinkt die Erde und fallen die Sterne vom Himmel herab. Der Fenriswolf wird ausbrechen, die Midgardschlange wird von ihren Fesseln befreit und das Böse übernimmt die Herrschaft über das Universum.

Die Kirgisen in Zentralasien haben wiederum ganz andere Vorstellungen. Sie deuten die drei Sterne in der Deichsel des Kleinen Wagens als ein Seil, das zwei Pferde – nämlich die beiden Sterne an der Vorderseite des Wagens – an den Himmelsnordpol bindet. Die sieben Gestirne des Großen Wagens dagegen sind Wächter, die die Pferde vor einem Himmelswolf beschützen. Trotz aller Bemühungen der Wächter wird der Wolf schließlich die Pferde fangen, und wenn sie sterben, ist der Weltuntergang gekommen.

An den Polarstern gekettet, marschieren die Sterne unablässig um den Himmelsnordpol herum. Ob wir sie nun als Ochsen, Rentiere, Elche oder Pferde auffassen – sie zeigen uns, dass der Himmel in seinem Lauf stets auf dem rechten Weg bleibt. Natürlich: Die Bewegung der Gestirne rund um den Polarstern spiegelt nur die Erdrotation wieder und die Trägheit unseres Heimatplaneten garantiert, dass diese Bewegung anhält. Unser Planet müsste aufhören zu rotieren, damit die Sterne stehen bleiben.

Folgenschwerer Stillstand

Wenn das passieren würde, gäbe es allerdings ein heilloses Chaos. Hielte der Erdball abrupt an, würde sich alles, was nicht niet- und nagelfest am Boden fixiert ist, mit seiner momentanen Geschwindigkeit weiterbewegen. Diese, die Tangentialgeschwindigkeit, beträgt am Äquator gut 1670 Kilometer pro Stunde – mit diesem Tempo würden dort Lebewesen und Gegenstände durch die Gegend fliegen! Wolkenkratzer würden zusammenbrechen und geologische Verwerfungen aufstöhnen; riesige Flutwellen würden um die Erde rasen und alles unter sich begraben.

Vielleicht wäre es nicht das Ende der Welt, aber es wäre nahe dran. Obwohl Newtons Gesetze uns mit dem Versprechen trösten, dass ein sich bewegendes Objekt nicht einfach so stehen bleibt, sollten wir Bootes wahrscheinlich dankbar sein. Schließlich passt er auf, dass die Bären fortlaufend ihre Runden drehen. <<

E.C. Krupp ist froh, dass die Erde rotiert – lästig nur: Man muss immer das Teleskop nachführen.

TEIL 1

75 Jahre Planetarium Hamburg

Der Wasserturm im Stadtpark der Hansestadt ist das Zuhause des modernsten Sterntheaters der Welt.

>> Dagny Lüdemann

BEIDE FOTOS: MIT FRDL. GEN. VON ANDREAS SCHOLL

Der Wasserturm im Stadtpark wurde 1915 fertig gestellt. Seit 1930 beherbergt er das Planetarium.

Hamburg ist bekannt für sein Schmuddelwetter – nicht gerade ein Paradies für Hobbyastronomen. Dennoch können die Nordlichter an sechs Tagen in der Woche den schönsten und klarsten Nachthimmel der Welt bestaunen – im Planetarium der Hansestadt (siehe »Zauberwelt in der Kuppel«, AH 10/2004, S. 28). In diesem Jahr feiert das Sterntheater im alten Wasserturm (Foto oben) sein 75-jähriges Bestehen. Rechtzeitig zum Jubiläum wurde es aufwändig renoviert, rund zehn Millionen Euro kostete der Umbau. Zunächst ließ das Architekturbüro Bothe-Richter-Teherani das denkmalgeschützte Gebäude entkernen. Bauelemente aus den 1960er Jahren wurden entfernt, um die ursprüngliche Architektur zum Vorschein zu bringen. Der Projektionssaal wurde neu ausgebaut und mit einer Heiz- und Lüftungsanlage sowie einem Dolby-Surround-Soundsystem ausgestattet. Seit der Wiedereröffnung im Oktober 2003 finden hier bis zu 254 Besucher Platz. In bequemen Kippsesseln können sie sich zurücklehnen, ohne dass der Kopf des Vordermanns oder der Projektor den Blick ins fiktive Weltall versperrt. Thomas Kraupe, seit 2000 Leiter des Planetariums, wurde durch den Umbau zum Chef des modernsten Sterntheaters der Welt.

Wer den Wasserturm von außen betrachtet, vermutet den Theatersaal direkt unter dem Kuppeldach. In Wirklichkeit sitzt das künstliche Himmelszelt viel tiefer, unterhalb des ehemaligen Tropfbodens. Ganz oben befindet sich ein riesiger Wassertank. Er bildet in Zukunft die Decke eines Veranstaltungsraums, von dessen Balkon aus die Gäste einen beeindruckenden Blick über den Stadtpark haben werden und – bei klarer Sicht – auf den echten Sternhimmel.

Herzstück des Planetariums ist der neue Projektor Universarium Modell IX (Foto rechts oben), eine Spezialanfertigung der Firma Carl Zeiss Jena. Er besteht aus einem 2,5 Tonnen schweren »Überraschungsei« mit je einer Hälfte zur Darstellung des Nord- und des Südhimmels. Daneben stehen acht Einzelprojektoren für Sonne, Mond und Planeten. Auch ein dreidimensionales Abbild der Erde kann projiziert werden. »So

können wir den Besuchern einen Eindruck davon vermitteln, wie Astronauten unseren Heimatplaneten vom Raumschiff aus sehen«, sagt Bruno Mattern. Der Techniker arbeitet seit April 2000 am Planetarium Hamburg und ist für die reibungslose Durchführung der Vorführungen verantwortlich. Seine Augen funkeln wie die naturgetreu dargestellten Sterne, wenn er den Kombiprojektor erklärt.

Beherzt öffnet er eine Klappe des Sternballs – so kann man in eine der Hälften hineinschauen. Im Innern sieht es aus, als würde sich ein Sciencefictionkrake mit seinen schwarzen Plastikarmen an der Peripherie festsaugen. In Wirklichkeit sind diese Arme mit Glasfasern ausgefüllte Schläuche, die das Licht einer 400 Watt starken Halogen-Metalldampflampe in der Mitte einer Halbkugel des Instruments gezielt zu den 16 Platten leiten, die die Sterne projizieren.

Bessere Sterne dank Glasfasern

Früher brauchte man jeweils drei große Quecksilberdampflampen, um die kleinen Lichtpunkte über den Köpfen der Besucher funkeln zu lassen. »Wir mussten diese Leuchten ständig neu justieren – das hat viel Zeit gekostet«, erinnert sich Bruno Mattern. Durch die Glasfasertechnik kann das Licht gezielter eingesetzt werden – so sind die Sterne auf der Leinwand schärfer und ihre Farben und Helligkeiten realistischer.

»Mit dem alten Projektor konnten wir sehr helle Sterne nur dadurch hervorheben, dass wir sie besonders groß darstellten«, sagt Mattern. Das entspricht zwar Sternkarten und Astrofotografien, aber nicht den realen Verhältnissen am Nachthimmel. »Dank der Glasfasertechnik erscheinen die Sterne jetzt in ihrer realen Beobachtungsgröße – punktförmig. Die unterschiedlichen Helligkeiten erreichen wir durch unterschiedliche Lichtintensitäten«, erklärt der Techniker. Wie am richtigen Sternhimmel eben.

Der Universarium IX im Hamburger Planetarium ist leistungsstärker als sein amerikanischer Bruder in New York.

Gesteuert wird die Projektionsanlage von Digistar 3, einem komplexen System aus einem Zentralrechner, einem Audiocomputer und sieben Rechnern, die für die Projektoren zuständig sind.

Aber die Sternprojektion ist keine rein technische Disziplin. Die Techniker im Planetarium sind passionierte Illusionskünstler. Der Sternball ist ihre Trickkiste, eine runde Blackbox, mit der sie dem Zuschauer einen täuschend echten Kosmos vorspiegeln. Bis ins kleinste Detail wird an der Inszenierung gefeilt – und wenn ein Stern trotz Hightech noch nicht perfekt am Himmel tanzt, helfen die Spezialisten auch mal mit ganz altmodischen Mitteln nach. »Der Aldebaran war uns einfach nicht rot genug«, erzählt Mattern. »Da hat Dieter Neubert vom Zeiss-Serviceteam einfach einen Filzstift genommen und die Glasfasern in der Sternkugel rot angemalt.« <<

Die Wissenschaftsjournalistin **Dagny Lüdemann** hat Biologie studiert und sah in den Glasfaserschläuchen im neuen Sternball des Planetariums die Arme eines Sciencefictionkraken.

Internet: www.planetarium-hamburg.de

Jubiläumswoche 2005

Freitag, 22.4.:
9.30 und 10.30 Uhr: Hamburger Lesetage: Kinderlesung mit Regula Venske
19.30 und 21.00 Uhr: Sondervortrag: 15 Jahre Hubble Space Telescope
22.00 und 22.55 Uhr: Dark Side of the Moon – Pink Floyd

Samstag, 23.4.:
13.30, 14.40, 15.00 und 16.10 Uhr: Der kleine Tag – Das Sternenmusical
16.30 und 17.10 Uhr: Kaluoka'hina – Das Zauberriff
17.30 und 18.20 Uhr: Sterne der Pharaonen
20.00 und 22.30 Uhr: Hamburger Lesenacht: Weltraumhäfen

Sonntag, 24.4.: 15 Jahre Hubble
13.30, 14.20, 15.00, 15.50, 16.00, 16.50, 17.00, 17.50,18.00 und 18.50 Uhr: Faszination Weltall – Hubbles große Reise
19.30 und 20.50 Uhr: Der kleine Prinz – Mit Rudolf H. Herget
21.45 und 22.55 Uhr: Deep Space Night Show Special – Mit Simon Böttcher

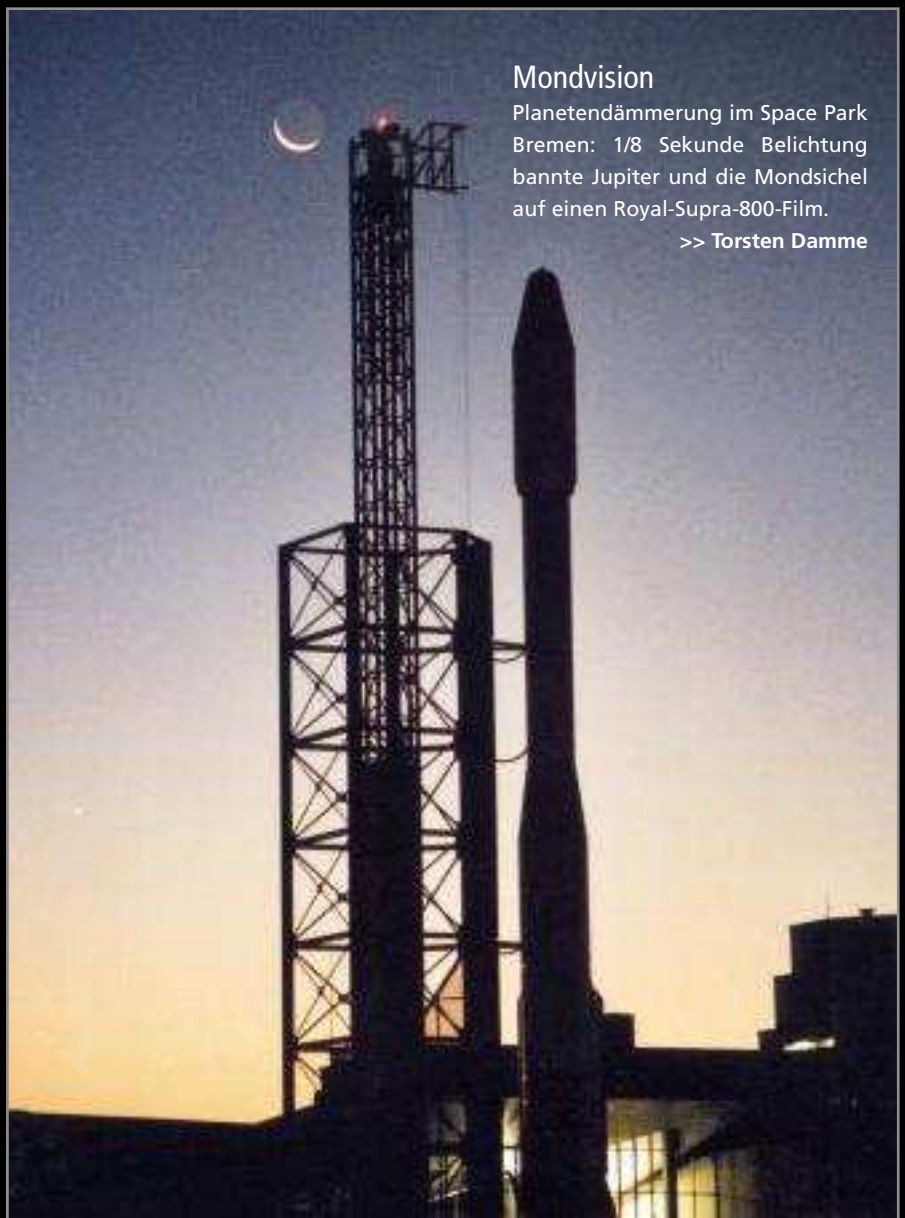
Dienstag, 26.4.:
9.30 und 11.30 Uhr: Hamburger Lesetage: Kinderlesung mit Kai Meyer
12.00 und 12.45 Uhr: Planetenreise: Das Geheimnis der Papierrakete
13.30, 14.20, 16.00 und 16.50 Uhr: Faszination Weltall – Hubbles große Reise
15.00 und 15.40 Uhr: Kaluoka'hina – Das Zauberriff
17.00 und 17.50 Uhr: Unendliche Weiten – Vom Urknall zur Erde
19.30 und 21.00 Uhr: Hamburger-Lesetage: Lesung mit Monika Felten

Mittwoch, 27.4.:
10.00 und 10.50 Uhr: Sonne, Mond und Sterne für Kinder
11.00, 11.50, 15.00 und 15.50 Uhr: Faszination Weltall – Hubbles große Reise
12.00 und 12.50 Uhr: Aufbruch zum Saturn – Erforschung des Ringplaneten
13.30 und 14.40 Uhr: Der kleine Tag – Das Sternenmusical

... wird fortgesetzt!
Lesen Sie Teil 2 des Artikels und weitere Termine in der Mai-Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE, im Handel ab dem 21.4.2005.

Objektive zaubern Welten

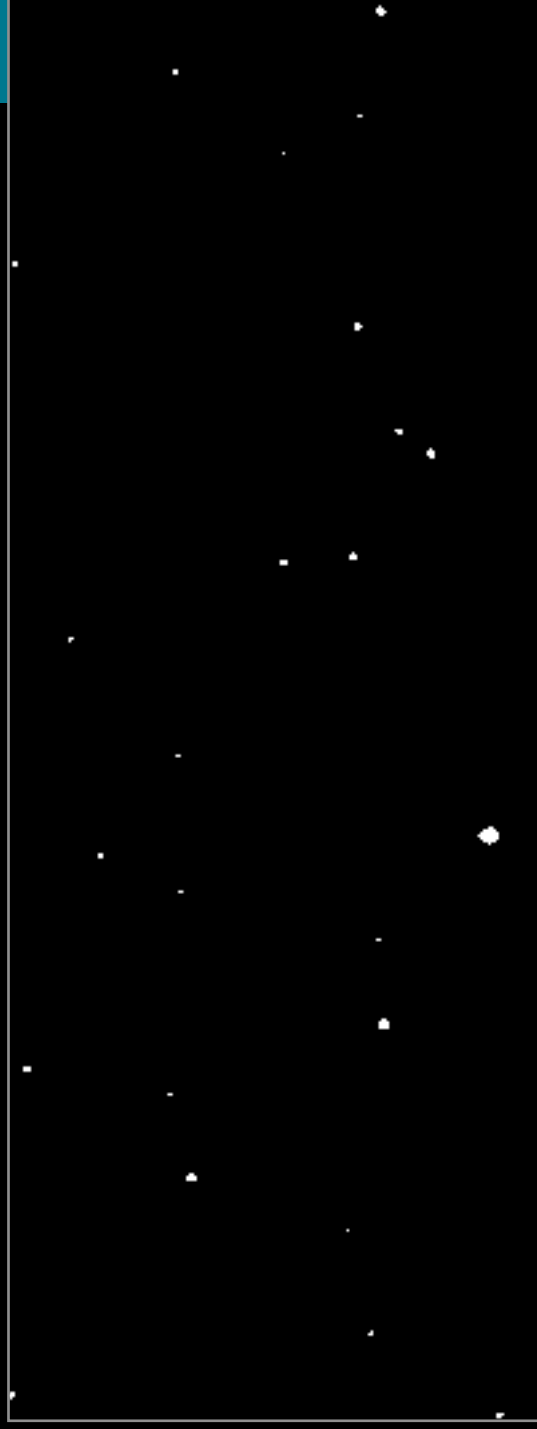
Langes Belichten rückt fremde Welten in greifbare Nähe. Darin besteht der Reiz der Astroaufnahmen und das Glück der Fotografen.



Mondvision

Planetendämmerung im Space Park Bremen: 1/8 Sekunde Belichtung bannte Jupiter und die Mondsichel auf einen Royal-Supra-800-Film.

>> Torsten Damme



Schwarz-weißes Wabern

Diese Aufnahme des Zirrusnebels NGC 6992 im Sternbild Schwan stammt von der Sternwarte Gahberg. Mit einem 14-Zoll-Hypergraphen mit H-Alpha-Filter wurde insgesamt 45 Minuten lang belichtet.

>> Harald Strauß

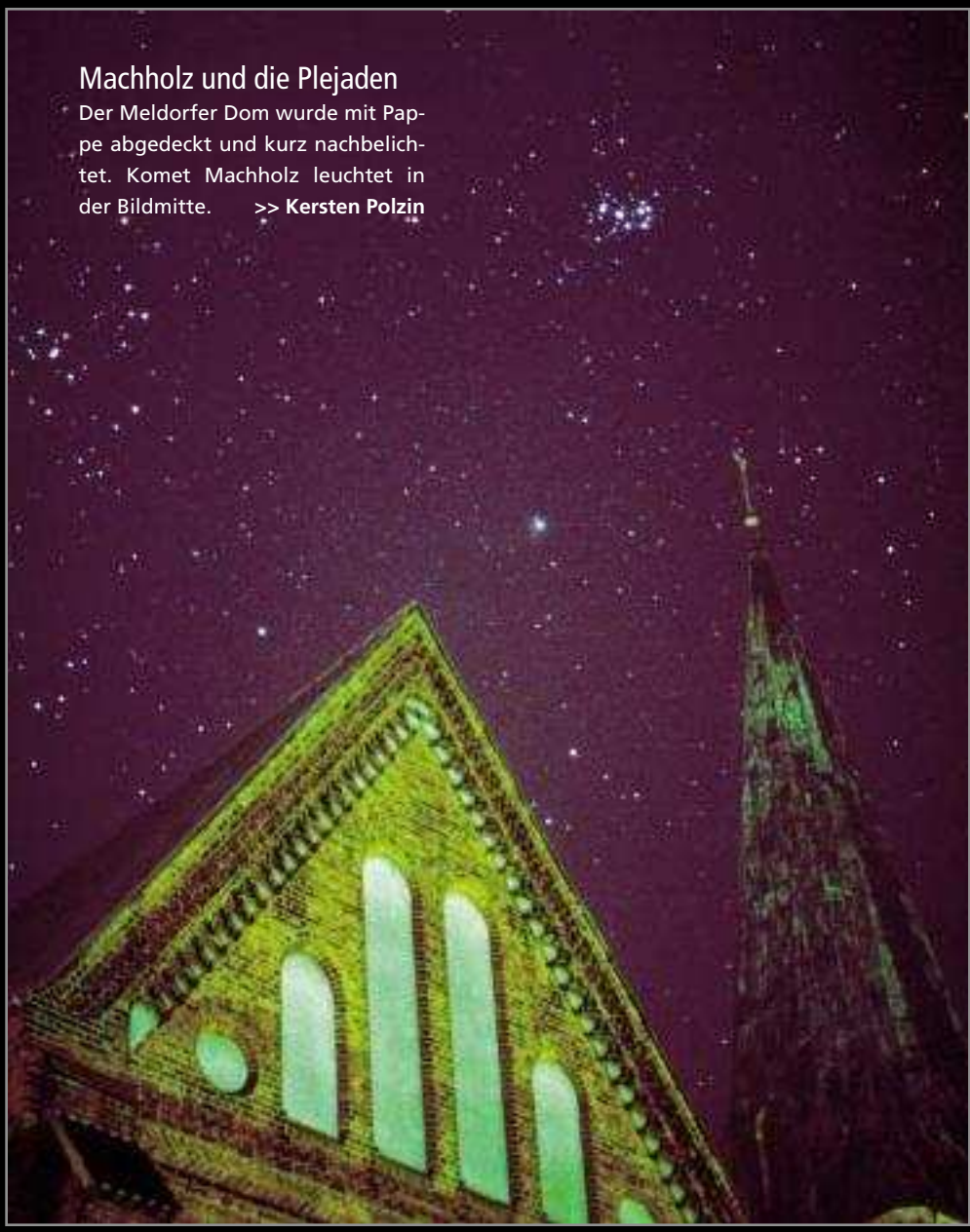
Die kosmische Fledermaus

Martin Wagners »Flammennebel im Orion« haben wir in den letzten Glanzlichtern versehentlich zum »Orionnebel« verkürzt. Hier nun das fledermausförmige Original.

>> Mark Achterberg

Wildwestlicher Pfeilhagel

Abends auf der namibischen Astrofarm »Niedersachsen«: das Sternbild Löwe mit Jupiter, Merkur und Zodiakallicht. (28 mm, f/5.6, Kodak E200) **>> Claus Mühle**



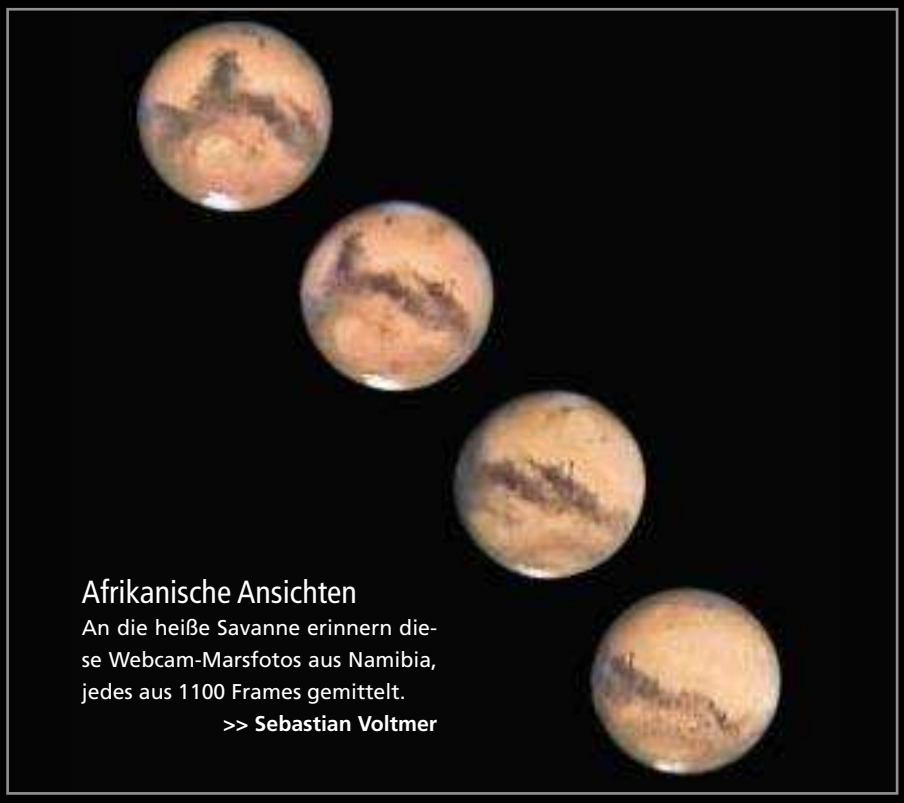
Machholz und die Plejaden

Der Meldorfer Dom wurde mit Pappe abgedeckt und kurz nachbelichtet. Komet Machholz leuchtet in der Bildmitte. **>> Kersten Polzin**

Sternenpool im Süden

Abtauchen möchte man in diesem stellaren Meer rund ums Kreuz des Südens. Fotografiert mit 50 mm, f/4, 40 Minuten auf Kodak E200

>> Claus Mühle



Afrikanische Ansichten

An die heiße Savanne erinnern diese Webcam-Marsfotos aus Namibia, jedes aus 1100 Frames gemittelt.

>> Sebastian Voltmer

Gut behütet

Der Sombreronebel M 104, fotografiert mit Hilfe eines 25-Zentimeter-Newton-Spiegelteleskops

>> Martin Wagner

Kugelsternhaufen 47 Tucanae

Der zweitgrößte und -hellste Kugelsternhaufen am Himmel ist »47 Tuc«, doch nur im Süden kann man ihn sehen. **>> Sebastian Voltmer**

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg • E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Mit bloßem Auge

Viele Planeten und einige helle Sternhaufen lassen sich auch ohne Teleskop oder Feldstecher am Himmel beobachten. ASTRONOMIE HEUTE sagt Ihnen, welche. **>> Michael Vogel**

Wer heute den Nachthimmel beobachten möchte, kann aus einer großen Zahl verschiedener Teleskope und Ferngläser auswählen. Für viele Beobachtungsziele sind solche optischen Hilfen unverzichtbar, doch manchmal geht es auch ohne sie: Schon mit unbewaffnetem Auge kann man bereits zum Sterngucker werden. Je nach Himmelsqualität und Beobachtungserfahrung lassen sich mehrere tausend gut Sterne erkennen. So konnten auch unerfahrene Beobachter Anfang des Jahres unter einem dunklen Himmel den im vergangenen Jahr entdecken Kometen Machholz für einige Tage ganz ohne optische Hilfsmittel erspähen, als er dicht neben dem offenen Sternhaufen der Plejaden vorbeizog. Für Jahrtausende war das menschliche Auge die einzige Möglichkeit, etwas vom Geschehen über uns mitzubekommen, denn das Fernrohr wurde erst im 17. Jahrhundert erfunden.

WEI-HAO WANG

Blick auf das Sternbild Schwan
in der Galaxis: Dunkelwolken teilen das schimmernde Band und können auch schon mit bloßem Auge ausgemacht werden.

Noch vor rund 160 Jahren leistete ein Mann namens Eduard Heis bei der Beobachtung mit bloßem Auge Erstaunliches. Der Astronom und Mathematiker an der königlichen Akademie zu Münster konzentrierte sich damals auf Objekte, bei denen ein großes Gesichtsfeld durch nichts zu ersetzen war: die Milchstraße, Sternschnuppen und das Zodiakallicht. Nur mit Bleistift, Papier und mit einer rund dreißig Zentimeter langen Röhre als Blendschutz ausgerüstet, zeichnete er ein Milchstraßenpanorama, das sich vor heutigen Fotografien nicht zu verstecken braucht. Dabei zeigen besonders die schwächsten Details der Milchstraße, die Heis im Kleinen Bären und in der Gegend um Wega in der Leier ausmachen konnte, wie gut die Augen des Forschers waren und wie dunkel sein Beobachtungsort gewesen sein muss.

Selbst wer heutzutage ausgezeichnet sieht, wird die Heis'schen Beobachtungen kaum mehr vor seiner Haustür nachvollziehen können, denn der Nachthimmel hat in den letzten Jahrhunderten durch das Streulicht der Zivilisation einen großen Teil seiner Schwärze eingebüßt. Trotzdem lassen sich viele Phänomene am Himmel noch immer recht gut ohne Fernrohr oder Feldstecher beobachten. So zeigt die Milchstraße in einer klaren und einigermaßen dunklen Nacht Strukturen, die so groß sind, dass sie sich am besten ohne Sehhilfen erkennen lassen. Prominentestes Beispiel am Nordhimmel: das Great Rift (siehe Bild unten links), eine Ansammlung von Dunkelwolken, die das Band der Milchstraße im Sternbild Schwan in zwei Teile spaltet und das Gesichtsfeld eines jeden Fernglases sprengt.

Faszinierendes Sonnensystem

Es gibt auch auffällige Sternwolken – Gebiete entlang der Milchstraße, in denen die Sterne scheinbar sehr dicht beisammen stehen. Am bekanntesten sind die kleine, dreieckige Schildwolke im gleichnamigen Sternbild sowie der Bereich zwischen den Sternen Albireo (β Cyg) und Sadr (γ Cyg) im Schwan. Darüber hinaus gibt es am Nordhimmel einige Deep-Sky-Objekte, die auch ohne technische Hilfsmittel leicht zu finden sind. Dazu gehören die beiden offenen Sternhaufen im Stier – die Plejaden und die Hyaden – sowie der Orionnebel, der Coma-Haufen (Melotte 111) im Haar der Berenike (siehe Feldstechertipp S. 49) und der Doppelhaufen h+chi im Sternbild Perseus.

Auch in unserer unmittelbaren Nachbarschaft gibt es zwei auffällige Objekte, die mit unbewaffnetem Auge besonders einfach zu sehen sind: Sonne und Mond. Bei Letzterem erkennt man bereits ohne optische Hilfsmittel ganz leicht seine Gliederung in große, von Lava überflutete Senken und helle Hochländer. Doch auch kleinere Strukturen wie das ellipti- >

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Nur selten sind Kometen am Nachthimmel so hell wie auf dieser Fotomontage.

SARAH MC KAY

Mondhalos entstehen durch Lichtbrechung an Millionen kleiner atmosphärischer Eiskristalle, die wie Linsen wirken. Links vom Mond ist der Planet Jupiter zu sehen.

WOJTEK RYCHLIK

Mond, Planeten, Sternhaufen Neben den beiden offenen Sternhaufen der Hyaden und Plejaden links und rechts der Bildmitte sind auf dieser Aufnahme noch der rot schimmernde Mars (links der Plejaden) sowie das überbelichtete Venusscheibchen und der Mond knapp über dem Horizont zu erkennen.

> sche Mare Crisium lassen sich einige Tage nach Neumond gut in Augenschein nehmen. Auf der Sonne kann man mit bloßem Auge und einem geeigneten Sonnenfilter allerdings nur relativ selten Strukturen identifizieren – etwa, wenn gerade eine besonders große Gruppe von Sonnenflecken über ihre Oberfläche zieht.

Die Planeten Venus, Mars, Jupiter und Saturn sind meist problemlos zu entdecken – wenn man weiß, wo sie gerade stehen. Merkur – der innerste der Wandelsterne – ist dagegen nicht so leicht zu finden, da er meist sehr nah der Sonne und damit tief in der Dämmerung am abend- oder morgendlichen Himmel steht. Die Bewegung der Planeten lässt sich vor dem Hintergrund der Sterne erst im Lauf von mehreren Wochen entdecken. Besonders ästhetisch sehen sie aus, wenn sie nicht zu hoch am Himmel stehen, sodass sie mit der irdischen Vordergrundkulisse eine stimmungsvolle Gesamtkomposition bilden, oder wenn sich von der Erde aus betrachtet zwei oder mehr Planeten am Himmel zu einem Tête-à-Tête zusammenfinden. Das nennen Astronomen eine Konjunktion.

Künstliche Begleiter

Von Menschenhand Geschaffenes lässt sich am Himmel ebenfalls mit bloßem Auge verfolgen. Doch auch hier muss man wissen, wann man wohin schaut. Vor allem in den Sommermonaten, wenn es auf der Erde bereits dunkel ist, aber hoch fliegende Satelliten noch von der Sonne beleuchtet werden, kann man diese künstlichen Begleiter der Erde gut als sich schnell bewegende Lichtpunkte ausmachen. Das Paradeobjekt ist hier die Internationale Raumstation ISS, die recht häufig über den Himmel zieht. Aber auch die Lichtblitze der Iridiumsatelliten sind spektakulär. Wenn Sonnenlicht auf die Antennen dieser rotierenden Kommunikationssatelliten fällt, können diese kurzzeitig bis zu vierzigmal heller als die Venus werden.

Interessante Lichtspiele gibt es aber nicht nur im erdnahen Weltraum – auch die Atmosphäre unseres Heimatplaneten bietet ungewöhnliche Anblicke: beispielsweise die Leuchtenden Nachtwolken. Dabei handelt es sich um Eiskristalle in mehr als achtzig Kilometer Höhe, die von der Sonne angestrahlt werden und auf den ersten Blick wie Zirruswolken aussehen. Sie können bläulich, sil-

JON TEUS, SOCIEDAD DE CIENCIAS ARANZADI

Iridium-Blitz in der Abenddämmerung über San Sebastian, Spanien

bern oder gelblich schimmern. Leuchtende Nachtwolken treten vor allem in den Sommermonaten auf und sind nur zwischen der bürgerlichen (Sonne 6,5 Grad unter dem Horizont) und der astronomischen Dämmerung (Sonne 16 Grad unter dem Horizont) sichtbar. Denn nur in dieser Zeit werden sie von der Sonne beleuchtet, während der Himmel bereits eine gewisse Dunkelheit erlangt hat. Vor allem in Norddeutschland sind die Verhältnisse dann sehr günstig, weil es dort nicht mehr vollständig dunkel wird, die Sonne also die ganze Nacht nicht tiefer als 16 Grad unter den Horizont sinkt.

Ein weiteres Farbspiel, das ausgezeichnet zu erkennen ist, sind die Höfe und Halos. Höfe – auch Aureolen genannt – entstehen durch Lichtbeugung an sehr kleinen Wassertröpfchen in der Atmosphäre. Am häufigsten sind Höfe um den Mond herum zu sehen: Wenn an dem Erdtrabanten in kalten Herbst- oder Winternächten dünne Wolken vorbeiziehen, ist dieser oft von einer hellen, beinahe kreisförmigen Fläche umgeben, die am Innenrand blau-weiß und am Außenrand braun-rot leuchtet. Ihre Fläche ist meistens nicht größer als zwei bis vier – in Ausnahmefällen aber auch bis zu zwanzig – Vollmonddurchmesser und kann mehrfache Farbwechsel zeigen. Auch die Sonne ist ab und an von Aureolen umgeben. Oft sind diese allerdings nicht gut zu sehen, da sie von der Helligkeit unseres Zentralsterns überstrahlt werden.

Wie bei den Höfen handelt es sich auch bei den Halos um Phänomene der unteren Erdatmosphäre. Sie entstehen durch Lichtbrechung und -spiegelung an sechseckigen Eiskristallen in acht bis zehn Kilometer Höhe. Besonders häufig sind Sonnenhalos, gelegentlich treten aber auch Mondhalos auf. Ihre häufigste Form ist der kleine Ring mit einem Radius von knapp drei Handbreit. Während Sonnenhalos oft Farben zeigen, ist das Mondlicht meistens zu schwach dafür, weshalb man nur einen mattweißen Ring sieht. Dennoch gibt es auch so helle Mondhalos, dass man Farben erkennen kann. Sehen wird sie allerdings nur, wer zum Himmel hochschaut. <<

Auch **Michael Vogel** blickt ab und zu mit bloßen Augen von Bietigheim-Bissingen gen Himmel.

Weblinks und Newsletter

Sonne: Beim englischsprachigen Newsletter unserer Schwesterpublikation Sky & Telescope können Sie sich per E-Mail informieren lassen, wenn auf der Sonne besonders große Fleckengruppen zu sehen sind. Schicken Sie dazu eine Mail an majordomo@SkyandTelescope.com – mit der Zeile: subscribe sun-earth E-Mail-Adresse. Bei der Beobachtung bitte an eine Finsternisbrille oder zwei Lagen Rettungsfolie denken!

Satelliten: Die Sichtbarkeiten der ISS und der Iridiumsatelliten sind für jeden Tag und jeden Ort unter der Internetadresse www.heavens-above.com abrufbar.

Planeten: Die Sternkarten in der Heftmitte von ASTRONOMIE HEUTE geben stets einen schnellen Überblick, welche Planeten und Sternhaufen aktuell am Abendhimmel zu sehen sind.

ANZEIGE

Neues zu Ostern

Von Dobsonteleskopen bis zu Handschuhen für Sternfreunde – alles für die Beobachtungsnächte in den Ferien

Neuer Okularrevolver von TEC

>> Wir beginnen unsere Rubrik diesmal mit einem **Reise-Dobson** von Hofheim Instruments, der ohne Werkzeug in ein kompaktes Handgepäckstück verwandelt werden kann. Er wiegt nur acht Kilogramm und ist daher auch für Flugreisen gut geeignet. Am Reiseziel entsteht dann in kurzer Zeit wieder ein f/4-Newtonspiegel in Gitterbauweise mit einem Zwei-Zoll-Drehfokussierer und klassischer Dobsonmontierung.

Mit hochwertigen Spiegeln aus Fernost und Bauteilen »made in Germany« aus Birke-Multiplex-Holz, Formica-Teflon-Kombinationen, Aluminium und Edelstahl hat es Hofheim Instruments geschafft, in einem modernen Design einen großen Hauptspiegel mit geringem Gewicht zu realisieren.

Der Reise-Dobson kostet zuzüglich Versand € 965,–. Viele genau auf ihn zugeschnittene Zusatzteile, wie ein 1¼-Zoll-Adapter, eine Streulichthülle und vieles mehr, sind ebenfalls erhältlich.
www.hofheiminstruments.com

>> Einen neuen **Leichtbau-Dobson** von Orion Optics hat der Teleskop-Service Ransburg im Angebot. Die Rockerbox aus Aluminium lässt sich für den Transport in kleinen PKWs komplett auseinander schrauben.

Damit setzt sich dieses Gerät deutlich von der Masse ab: Es ist kompakt und gleichzeitig transportabel. Sowohl die Höhen- als auch die Azimutachse ist auf Teflon gelagert, was eine besonders gleichmäßige und feine Verstellung in beiden Achsen garantiert. Der Dobson kommt mit einem guten 8×50-Sucher, einem Zwei-Zoll-Crayford-Okularauszug samt Reduzierung auf 1¼-Zoll mit Filtergewinde und zwei hochwertigen Plössl-Okularen daher. Die Preise liegen je nach Öffnung bei € 1198,– (10-Zoll), 1648,– (12-Zoll) oder 2348,– (14-Zoll).
www.teleskop-service.de

>> Ebenfalls im Sortiment des Teleskop-Service gibt es spezielle **Handschuhe** für den Sternfreund. In kalten Beobachtungsnächten riskieren Sie entweder steif gefrorene Finger oder Ihnen fallen feine Teile wie Filter aus den warmen, aber behandschuhten Händen. Die Lösung sind diese neuen Handschuhe: Indem Sie deren Fingerklappen zurückschlagen, legen Sie Daumen und Finger frei. Wenn Sie mit dem Filter- oder Okularwechsel fertig sind, schlagen Sie die Klappen einfach zurück. Ein Klettverschluss hält die aufgeklappten Fingerlinge fest. Das Material ist sehr widerstandsfähig und der feste Bund an den Gelenken verhindert das Eindringen von Schnee und Kälte. Ein Paar kostet € 50,–.
www.teleskop-service.de

>> Der **»Dob-Drive«** von Astrooptik Meier lässt die Herzen vieler Dobson-Fans höher schlagen. Endlich gibt es einen Nachführmotor für diese Teleskope, mit dem Sie die hochwertige Optik Ihres Dobsons genießen können ohne durch die lästige manuelle Nachführung gestört zu werden.

Mit Zusatzsoftware verwandelt der Dob-Drive Ihr Gerät sogar in ein Go-to-Teleskop. Doch er bietet noch mehr: Für die Astrofotografie kann seine Geschwindigkeit angepasst werden, wobei das Problem der Bildfelddrehung aber nicht umgangen werden kann. Zudem hat der Dob-Drive eine Suchfunktion, mit der das Teleskop spiralförmig so lange

ALLE BILDER: HERSTELLERFOTOS

Reise-Dobson

Leichtbau-Dobson

rotiert, bis Sie das ersehnte Objekt im Bildfeld haben. Je nach Ausführung kostet der Dob-Drive zwischen € 745,– und 899,–. Die optionale Goto-Software liegt bei € 99,–.
www.astrooptik-meier.de

>> Das **Solarmax 70 CaK** ist das neueste auf die Sonnenbeobachtung spezialisierte Produkt aus dem Haus Coronado. Dieses Teleskop mit 70-Millimeter-Öffnung lässt nur die Kalzium-K-Linie bei 393,4 Nanometer passieren und blockiert den Rest des Spektrums. Das Instrument ist hauptsächlich für konventionelle und digitale Fotografie gedacht, da viele Menschen Licht dieser Wellenlänge nicht sehen können. Im tiefvioletten Spektralbereich sind jedoch viele Details, wie Kalziumfackeln und die Supergranulation der Sonne sichtbar.

Wie immer, so wird auch beim Solarmax die Sicherheit groß geschrieben. Die Transmission unsichtbarer Strahlung durch den Filter mit integriertem Zenitprisma beträgt nur ein Hundertausendstel. Die Primärbrennweite von vierhundert Millimetern kann mit üblichem 1¼-Zoll-Zubehör verändert werden. Bei Intercon Spacetec kostet der Solarmax inklusive einem passenden Hartplastikkoffer 3690,– €.
www.intercon-spacetec.de

>> Zwei neue, verbesserte **Zwei-Zoll-Herschelkeile** bringt Baader Planetarium in diesem Frühjahr auf den Markt. Durch deren neue Bauart ist es jetzt möglich, einen Graufilter sowie einen Solarkontinuumfilter platzsparend hintereinander im Innern des Prismengehäuses zu montieren. Beide Filter werden dabei per Zwei-Zoll-Gewindeadapter im Gehäuse über dem Herschelkeil befestigt, sodass beim Okulartausch die Filter nicht mitgewechselt werden müssen.

Auf Grund der planoptischen Politur der mitgelieferten Filter wirkt sich dieses »Stacking« nicht bildverschlechternd aus. Ganz im Gegenteil: Sie bekommen nun endlich auch mit Ihrem Fraunhofer-Refraktor ein Bild, das dem eines Apochromaten ähnelt, da der Solarkontinuumfilter den Farbfehler komplett eliminiert. Besonders bei der Astrofotografie mit Digitalkameras macht sich das in einer bisher unerreichten Schärfeleistung bemerkbar.

Mit Hilfe des optionalen Gewindeadapters und der Möglichkeit, zwei Filter im Prismengehäuse zu montieren, ist es möglich, eine Kleinbild- oder Digitalkamera direkt am Prismengehäuse anzuschließen. Auf diese Weise sparen Sie zirka sechzig Millimeter Fokussierweg, wodurch das Herschelprisma auch fotografisch für (fast) alle Refraktoren verwendbar wird.

Handschuh für Sternfreunde

Solarmax 70 CaK

Dob-Drive

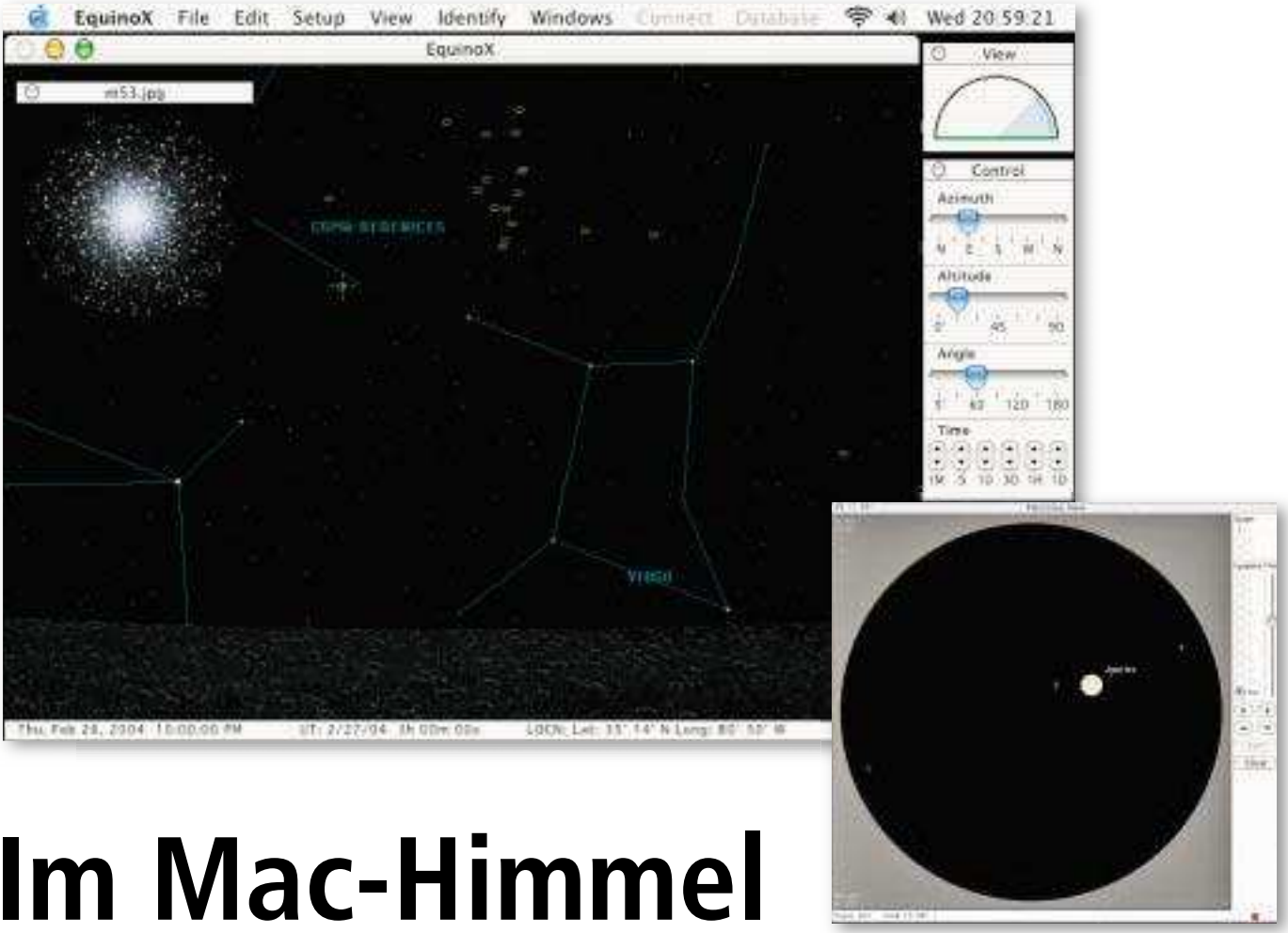
Herschelprisma

Den Herschelkeil von Baader gibt es in zwei Ausführungen: die Version »V« (für den visuellen Einsatz) gibt es mit einem Graufilter ND 3.0 und einem Solarkontinuumfilter zur maximalen Schärfe- und Kontrastleistung für € 395,–. Der Version »P« (für den fotografischen Einsatz) liegen für € 460,– vier Zwei-Zoll-Graufilter zur Abstimmung der Belichtungszeit bei jeder Vergrößerung sowie ein Solarkontinuumfilter bei.
www.baader-planetarium.de

>> Ein wahres Meisterwerk der Teleskoptechnik ist der neue **Okularrevolver** der Firma Telescope Engineering Company (TEC). Der präzise und vollständig aus Metall gefräste Revolver (siehe Bild linke Seite oben) nimmt bis zu fünf 1¼-Zoll-Okulare mit glatter Okularhülse auf und passt auf alle Zwei-Zoll-Auszüge.

Mit leichtem Dreh lassen sich die Okulare damit butterweich und sekundenschnell in den Fokus des jeweiligen Teleskops bringen. Der Umlenkspiegel und alle mechanischen Teile des Revolvers werden während des Herstellungsprozesses bereits so exakt aufeinander abgestimmt, dass er im täglichen Betrieb weder nachgestellt noch gewartet werden muss.

Der Revolver (€ 595,–) wird in einer edlen Holzkiste aus Mahagoni (€ 175,–) geliefert, die gleichzeitig auch als Okularkoffer dient.
www.baader-planetarium.de
www.telescopengineering.com



Im Mac-Himmel

EquinoX bringt nicht nur eine aufgeräumte Himmelslandschaft auf den Macintosh. **>> Joe Heafner**

Der Klick auf ein Objekt offenbart per Pop-up-Fenster Informationen und gegebenenfalls ein Bild.

Kurz nachdem ich im vergangenen Jahr auf Macintosh-Computer umgestiegen war, stieß ich auf EquinoX. Zunächst hat mich das Programm nicht besonders beeindruckt, aber ich war ja auch neu am Mac und musste mich in das Angebot an Astronomie-Software für dieses System erst hineinfinden. Inzwischen kann ich aber sagen, dass sich der zweite Blick auf EquinoX gelohnt hat.

Ich installierte das Programm auf meinem 700 MHz-iMac mit Mac OS 10.2.8, doch dann konnte ich es zunächst nicht finden! Ziemlich schnell fiel mir auf, dass bei der Standardinstallation automatisch alles im Hauptverzeichnis der Festplatte abgelegt wurde und nicht im für den Mac üblichen Anwendungsordner. Auf die Funktion des Programms hat dies zwar keine Auswirkungen, es könnte jedoch manche Anwender verwirren. Sie können während der Installation aber manuell den Zielort für den Ordner »EquinoX 5.1.1« selbst angeben.

Was bringt EquinoX mit? So ziemlich alles, was Einsteigerastronomen brauchen könnten, besonders diejenigen, die ein neues Go-to-Teleskop mit kleiner Öffnung nutzen. Die Voreinstellungen finden sich gleich zweimal im Menü: unter EquinoX > Preferences und unter Setup > Setup. Außerdem öffnet sich das Setupmenü mit dem Tastaturkürzel ⌘+D. Der Benutzer kann dort Datum, Uhrzeit, Standort und verschiedene Bildschirmoptionen einstellen.

Auch welche Informationen an der Fußleiste des Hauptfensters erscheinen, lässt sich individuell definieren. Unter den Optionen sind Ort, Weltzeit und siderische Zeit (Ortszeit). Die Funktionen für die Pfeiltasten auf der Tastatur lassen

Kippen, drehen und zoomen können Sie unser Sonnensystem in der dreidimensionalen »Solar System«-Ansicht, hier mit Saturn im Sternbild Zwillinge.

Technische Informationen

Eine deutsche Version gibt es leider nicht. Das Programm lässt sich jedoch intuitiv verstehen.

Systemvoraussetzungen: 200-Megahertz-Prozessor, Mac OS 10.1 oder höher, QuickTime 6, 24 Megabyte Ram, 155 Megabyte freier Festplattenplatz und ein 16-Bit-Monitor mit mindestens 32000 Farben.

Das Produkt ist Shareware, Vollversionen kosten 39 US-Dollar, 49 US-Dollar mit SBIG-Option. Kontakt und Registrierung: www.microprojects.ca

sich an dieser Stelle ebenfalls bequem zuweisen.

In einem separaten Einstellungsdialog können Parameter für bis zu drei Teleskope angelegt werden. Zum Glück für mich und mein Meade LX200 ist das voreingestellte erste Teleskop ein Acht-Zoll-Schmidt-Cassegrain. Des Weiteren können Sie festlegen, was für einen Sucher das Fernrohr besitzt. Beobachter, die mehr als ein Instrument besitzen, können leicht die Ansichten mit unterschiedlichen Okularen vergleichen.

Und wo wir gerade bei Okularen sind: Bis zu zehn davon können Sie mit ihren Brennweiten und Gesichtsfeldern eingeben. EquinoX berechnet, welche Vergrößerungen sich mit den jeweils angewählten Teleskopwerten ergeben. Das ist schon ziemlich praktisch, aber noch nicht alles. Sie können zusätzlich eine SBIG CCD-Kamera anwählen und einen Fokalreduktor vorschalten. Die Liste der Kameras umfasst aktuelle Modelle, meine alte ST-7 war dagegen nicht dabei. Dafür konnte ich sie über die Option »Custom CCD« anlegen.

Registrieren eröffnet Zusatzoptionen

Die Ansicht des Himmels verändern Sie ganz einfach mit Hilfe der Maus und den Schiebereglern in den Paletten am Rand des Hauptfensters. Wahlweise können Sie die Paletten auch anderswohin verschieben. Daneben besteht die Möglichkeit, mit Tastaturkürzeln zu navigieren.

Eine weitere Palette beinhaltet ebenso wie ein Pull-down-Menu sämtliche Standardoptionen: die Namen der Sternbilder und anderer Objekte ein- und ausblenden, Linien und Begrenzungen sowie verschiedene Koordinatennetze und Markierungen.

Besonders schön finde ich bei diesem Programm, dass die Informationen über einen Stern oder Ähnliches in einem separaten Pop-up-Fenster auftauchen, wenn man das Objekt anklickt. Dadurch bleibt das Hauptfenster aufgeräumt und übersichtlich. Bei vielen – leider nicht allen – Objekten erscheint beim Doppelklick ein Fenster mit einem Foto des Objekts (Bild links).

Wenn Sie EquinoX registrieren lassen, eröffnen sich neue Optionen, beispielsweise die Fähigkeit, ein computergesteuertes Teleskop oder GPS-Gerät anzuschließen und zu steuern. Das Teleskop kann sogar durch Sprachsteuerung bedient werden – eine Macintosh-Option, die ich wirklich gerne einmal testen würde! Leider fehlen mir noch die erforderlichen Kabel, um mein Teleskop mit dem Mac zu verbinden. Nach der Registrierung können Anwender außerdem zusätzliche Stern- und Deep-Sky-Datenbanken anlegen.

Das einzig größere Manko des Programms besteht darin, dass es kein Hilfemenü beinhaltet; als Dokumentation gibt es lediglich eine separate PDF-Datei.

EquinoX eignet sich besonders gut für Anfänger. Das Programm beschränkt die Himmelsanzeige auf Sterne bis 6. Größe, in der Teleskopansicht werden Sterne bis 12. Größe dargestellt. Deep-Sky-Objekte, Kometen, Planeten und Asteroiden dagegen erscheinen auch bei deutlich schwächerer Leuchtkraft auf dem Bildschirm.

Mein Fazit: Für Macintosh-User sollte dieses Programm jedem kompatiblen Go-to-Teleskop gleich beiliegen. <<

Joe Heafner testet regelmäßig Astro-Software für Sky & Telescope.

ANZEIGE

Brian Greene

Der Stoff, aus dem der Kosmos ist
Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit

Siedler Verlag, München 2004
640 Seiten
ISBN 3-88680-738-X
28,– €

Kosmische Strings

Kann es ein Sachbuch zum Schmökern geben? Ein Buch über Wissenschaft, das mehr erzählend als belehrend seine Leser fesselt und so spannend ist wie ein Roman? »Der Stoff, aus dem der Kosmos ist« des New Yorker Physikprofessors Brian Greene ist so ein Buch.

Natürlich beginnt Greene seine Erzählung mit Newton: Der absolute Raum und die konstant ablaufende Zeit bilden den Rahmen für die Gesetze der klassischen Physik. Newtons intuitiv einleuchtende Beschreibung ist jedoch doppelt falsch.

Was ist also das umfassende Konzept, mit dem man Raum und Zeit vom Makro- bis hin zum Mikrokosmos konsistent beschreiben kann?

Die frappierende Antwort auf diese Frage ist, dass bis heute niemand ein solches Konzept gefunden hat. Große Hoffnung setzt die Physikergemeinde in die so genannte Stringtheorie, in der die verschiedenen Elementarteilchen durch die Schwingungsmuster eindimensionaler Fäden erklärt werden.

Der Autor, selbst ein Experte auf dem Gebiet der Strings, führt seine Leser auf rund 350 Seiten behutsam an den Punkt, wo ersichtlich wird, warum die Stringtheorie ein heißer Kandidat ist, um die drängende Frage nach der Beschaffenheit der Welt zu klären.

Der Weg dorthin führt durch die Relativitätstheorie, die Quantentheorie und schließlich durch die Kosmologie. Greene schafft es, dass der Leser diesen Weg wie einen langen Spaziergang erlebt. Neben seinem didaktischen Geschick fällt dabei auf, wie oft manches mehrfach erklärt wird. Diese Wiederholungen helfen dem Leser, die wichtigen Details immer präsent zu haben. Ebenso positiv ist, dass auch die experimentellen Ergebnisse der letzten fünf Jahre – etwa die WMAP-Messungen oder die beschleunigte Expansion des Universums – diskutiert werden.

Im letzten Teil des Buchs geht es schließlich um die kühnsten Träume der Physiker: Wie weit wird das Verständnis vom Kosmos jemals reichen? Greenes Antwort ist am besten mit dem Satz zusammengefasst, mit dem sein Buch schließt: »Ich kann mir nichts Poetischeres, kein eleganteres Ergebnis, keine vollständigere Vereinheitlichung vorstellen, als die Bestätigung unserer Theorien über die Beschaffenheit von Raum, Zeit und Materie zu finden, indem wir unsere leistungsfähigsten Teleskope himmelwärts richten und still zu den Sternen emporschauen.«

>> Stefan Gillessen

Raumflug mit Startproblemen

Ruhemasse null
Mit Lichtgeschwindigkeit zur Geburt des Universums

Braingame Publishing, Wiesbaden 2004
ISBN 3-9809728-1-X; 39,99 €

Systemvoraussetzungen: Win XP / -2000 / -98; ab Pentium III 800 MHz; 256 MB RAM; DirectX 9; 3-D-Grafikkarte 64 MB; DirectX-kompatible Soundkarte; Lautsprecher; 800 MB freier Festplattenspeicher

Ruhemasse null ist ein Computerlernspiel für Astronomie. Die Beschreibung verspricht, die Relativitätstheorie verständlich und spannend zu vermitteln und darüber hinaus noch vieles andere zu bieten. So könne der Spieler beispielsweise seine Astrokenntnisse in einem Quiz testen oder Planeten und Monde aus nächster Nähe erleben.

Das Spiel ist ordentlich umgesetzt und – wenn es denn läuft – die Anschaffung durchaus wert. In puncto Grafik, Spielsteuerung und -tiefe kann es mit aktuellen Bestsellern zwar nicht mithalten, aber das muss es als Lernsoftware auch nicht unbedingt.

Seine größte Stärke liegt eindeutig im Lernteil. Hier ist astronomisches Wissen solide, unterhaltsam und gut verständlich aufbereitet. Und so finden auch Laien einen Zugang zur Relativitätstheorie.

Außerdem bietet es einen virtuellen Flug durchs Sonnensystem. Mars, Titan, Triton und Io zu bereisen klingt zwar spannend. Im Spiel sehen deren Hügellandschaften, von der Farbe abgesehen, aber alle sehr ähnlich aus.

Nebenbei kann der Spieler auch ein Astroquiz absolvieren oder mit einem bewaffneten Shuttle Asteroiden abschießen. Das Quiz macht Spaß, auch wenn der Schwierigkeitsgrad der Fragen zum Teil sehr unausgewogen ist.

Zunächst hatte ich jedoch massive Probleme, das Programm überhaupt zum Laufen zu bringen. Ich testete zwei Exemplare auf vier verschiedenen Computern. Das Spiel lief bei diesen Versuchen entweder gar nicht oder instabil, obwohl die geforderten Systemvoraussetzungen allesamt erfüllt wurden. Als ich dies beim Hersteller monierte, schickte man mir ein weiteres Exemplar. Und siehe da – diese Version lief. Auf meine Nachfrage erhielt ich die Auskunft, dass es sich bei den beiden zuerst getesteten Exemplaren um fehlerhafte Vorversionen handele und dass die zuletzt übersandte Version die endgültige, im Laden erhältliche sei. Falls das Spiel bei Ihnen nicht laufen will, wenden Sie sich am besten an die Hersteller-Hotline.

Alles in allem bleibt ein durchwachsener Eindruck. »Ruhemasse null« ist als Lernspiel in Ordnung, aber bei diesem Preis nicht eben billig.

>> Frank Schubert

Tim Haines, Christopher Riley
Weltraum Odyssee
Eine Reise zu den Planeten
Egmont vgs, Köln 2004
192 Seiten
ISBN 3-8025-1634-6
24,90 €

auch als DVD erhältlich:
BBC-Space Odyssey – Mission zu den Planeten
polyband, 114 Min.
22,99 €

Planetenreise

Als sich Christoph Kolumbus im Sommer des Jahrs 1492 von Spanien aus in Richtung Westen aufmachte, glaubte kein abendländischer Gelehrter mehr, die Erde sei eine Scheibe. Unter den Seeleuten hielt sich jedoch hartnäckig der Aberglaube, ihr Schiff könne in die Tiefe stürzen, sobald es über den irdischen Tellerrand hinausgerate. Aus heutiger Sicht eine absurde Vorstellung.

Doch wie sieht es heutzutage aus mit dem Vertrauen in die Wissenschaft? Würden Sie sich auf eine Reise ans Ende unseres Sonnensystems einlassen, ohne zu wissen, welche Gefahren dort lauern? Eine falsche Berechnung der Wissenschaftler, ein physikalischer Irrtum, eine unerwartete Änderung und schon würde daraus eine Reise ohne Wiederkehr. Fünf Menschen haben sich auf dieses Abenteuer eingelassen – jedenfalls in der Fantasie der zwei Autoren Tim Haines und Christopher Riley.

Faszinierend realistisch und bis ins kleinste Detail durchdacht entwickeln die beiden Wissenschaftsredakteure eine perfekte Illusion einer Mission, die niemals stattgefunden hat. »Weltraum Odyssee – Eine Reise zu den Planeten« ist das Tagebuch der Crew des Raumschiffs Pegasus, die sechs Jahre lang das Sonnensystem auf der Suche nach Leben durchquert. Der Begleitband zur BBC-Dokumentation, die auch auf DVD erhältlich ist, enthält hervorragende, täuschend echte Illustrationen.

In einer waghalsigen Aktion landen zwei der Astronauten zunächst auf der Venus. Bordingenieur Ivan Grigorev betritt als erster Mensch die fremde Welt, nimmt unter größten Anstrengungen Gesteinsproben und stattet der russischen Sonde Venera 14 einen Besuch ab, die 1982 erste Farbbilder von der Venusoberfläche machte und seither dort verwittert.

Dann geht es weiter zum Mars, wo die Pegasus aufgetankt werden muss. Hierzu verlässt Grigorev das Schiff noch einmal und macht dabei eine beeindruckende Beobachtung: »Direkt unter uns zog ein riesiger Felsbrocken von mehr als zwanzig Kilometer Größe vorbei. Es war Phobos, der größte und dem Mars nächstgelegene Mond, ein von der Schwerkraft des Roten Planeten eingefangener Asteroid, dessen Umlaufgeschwindigkeit höher ist als die Eigendrehung des Mars.«

Beinahezusammenstoß

Drei der fünf Besatzungsmitglieder landen mit der Ares-Landefähre auf dem Roten Planeten. Fünfzehn Tage lang sollen sie den Mars erkunden, Experimente durchführen und Proben nehmen. Das größte Projekt: Die Gewinnung einer Wasserprobe aus dem Innern des Planeten. Durch einen gefährlichen Sonnensturm wird ihre Arbeit jäh unterbrochen. Gerade noch rechtzeitig finden die Astronauten in der Landefähre Schutz. Dort harren sie aus, bis die Gammastrahlung wieder abgenommen hat – ständig in der Angst, die Fähre könne beschädigt sein und tödliche Strahlen hindurchlassen.

Nachdem der Aufenthalt auf dem Roten Planeten noch einmal glimpflich verlaufen ist, tritt das Raumschiff den schwierigsten Teil seiner Reise an: die größte Annährung an die Sonne, verbunden mit einer enormen Strahlenbelastung.

Auf dem Weg zum Jupiter kommt es dann fast zu einem Zusammenstoß des Raumschiffs mit einem Doppelasteroiden. Die Wissenschaftler im Kontrollzentrum hatten die Bahn des Raumschiffs falsch berechnet und damit das Leben der Crew aufs Spiel gesetzt. Dieser Vorfall schädigt nachhaltig das Vertrauen der Besatzung in die Arbeit der Kollegen am Boden.

Während die Astronauten nacheinander auf den Planeten Venus, Mars, Jupiter, Saturn und Pluto landen und dabei schwefligen Staubwolken und gefährlichen Gammastrahlen ausgesetzt sind, lernt der Leser viel über unser Planetensystem. Die wissenschaftlich fundierten Exkurse sind optisch klar von der fiktiven Handlung abgegrenzt – und doch verschwimmen Fantasie und Wirklichkeit im Kopf des Lesers. Die akribische Beschreibung technischer Finessen und der Rückgriff auf bereits bestehende Erkenntnisse über das Sonnensystem lässt einen ab und zu zweifeln: Wäre eine solche Reise mit heutigen Mitteln überhaupt machbar oder müssen bestimmte Materialien und Instrumente noch erfunden werden?

Die DVD »Space Odyssey – Mission zu den Planeten« punktet gegenüber dem Begleitband mit faszinierenden bewegten Bildern, die den Zuschauer glauben machen, auf der Reise ans Ende des Sonnensystems live dabei zu sein. Im Stil amerikanischer Hollywoodstreifen werden die Astronauten zu Superhelden – einer von ihnen muss seinen wissenschaftlichen Übereifer gar mit dem Leben bezahlen. Während der Begleitband viel Hintergrundinformation zu den Planeten und zur Geschichte ihrer Erforschung liefert, steht in der Filmversion die fiktive Handlung im Vordergrund.

Wer Spaß daran hat, in eine gut inszenierte und realistisch dargestellte, aber dennoch fiktive Welt einzutauchen, ohne dabei jedes Detail wissenschaftlich hinterfragen zu wollen, sollte sich für die DVD entscheiden. Das Buch ist eher für Leser geeignet, die sich einen allgemeinen und unterhaltsam aufbereiteten Überblick über unser Planetensystem verschaffen möchten. »Science oder Fiction« fragt man sich jedoch in beiden Fällen, denn die Grenzen zwischen Realität und Fantasie sind hierbei oft fließend, manchmal sogar verwirrend.

>> Dagny Lüdemann

Alle rezensierten Bücher können Sie bei wissenschaft-online.de bestellen

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

TV-PROGRAMM

Freitag, 18. März

Einstürzende Doppelsterne: Nachrichten aus den Tiefen des Kosmos

Von gewaltigen Sternkatastrophen wie dem Zusammenstoß zweier Neutronensterne, der Verschmelzung Schwarzer Löcher und Supernovae-Explosionen gehen Gravitationswellen aus, die bis zur Erde gelangen können. Solche »Weltraumbeben« sind nur im nanoskopischen Bereich messbar. Prof. Dr. Jürgen Ehlers vom Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik berichtet über einen »Seismografen« für Gravitationsbeben

XXP, 18.40 Uhr

Sonntag, 20. März

Doku: Was wären wir ohne Mond?

Die Geschichte des Monds – von frühen Theorien bis zu den neuesten Erkenntnissen über den Erdtrabanten

N24, 17.15 Uhr

ZDF / THOMAS SCHÄFER

Paranal – Fenster ins All

Dokumentation, USA

An keinem anderen Ort der Welt zeigt sich der Nachthimmel so unverschleiert wie über dem Berg Paranal in Chile. Hier steht ein gigantisches Gerät namens »Very Large Telescope«, das eigentlich aus mehreren Teleskopen besteht. Es liefert gestochen scharfe Bilder von Sternen und Galaxien

Discovery Channel, 23.30 Uhr
Wdh. am 21.3. um 7.30 Uhr, 17.30 uhr und am 22.3. um 2.30 Uhr

Dienstag, 22. März

Raketenpioniere in Tegel: Europas erste Schritte ins All

September 1930: Der Raketenpionier Rudolf Nebel gründet in Tegel einen Startplatz für Flüssigkeitsraketen – damals völlig unbekannte Flugkörper. Die Presse verspottete die Männer um Rudolf Nebel als Narren. Unter ihnen war auch der damals 18-jährige Wernher von Braun. Niemand ahnte zu jener Zeit, dass hier im Berliner Norden ein wichtiges Kapitel der Raumfahrtgeschichte geschrieben wurde

Discovery Channel, 17.30 Uhr
Wdh. am 23.3. um 2.30 Uhr, am 24.3. um 23.30 und am 25.3. um 8.30 Uhr

Mittwoch, 23. März

Doku: Stationen der Raumfahrt – Der Mensch auf dem Weg ins All

Die Internationale Raumstation (ISS) ist nicht nur eine technische Herausforderung, sondern auch das größte zivile Kooperationsprojekt aller Zeiten. Sie verwirklicht den Menschheitstraum einer dauerhaften Präsenz in der Umlaufbahn. Wissenschaftler und Astronauten erläutern in dieser Dokumentation, wie es sich im Weltraum lebt, welche Hürden bislang zu überwinden waren und welche noch vor ihnen liegen

N24, 21.45 Uhr
Wdh. am 24.3. um 2.02 Uhr

Donnerstag, 24. März

Doku: Epochen der Luftfahrt – An der Schwelle zum Weltall

Im Kampf um die Rückeroberung der Vorherrschaft im All setzte die US-Regierung Ende der 1950er Jahre alles auf die Entwicklung der X15, die nicht zufällig eher einer Rakete als einem Flugzeug glich. Im Sommer 1958 war die Gründung der Weltraumbehörde Nasa. Vier Jahre danach – am 17. Juli 1962 – wurde der Testpilot Bob White in einer X15 zum ersten Astronauten Amerikas. Während dieses ersten Raumflugs konnte er von San Francisco bis Mexiko sehen

N24, 22.05 Uhr

Samstag, 26. März

SWR

Rätsel der Berge Mount McKinley – Überleben in Höhe und Eis

Am Mount McKinley in Alaska könnte sich ein Durchbruch in der Erforschung der gefürchteten Höhenkrankheit anbahnen. Der Mediziner Peter Hacket und der Astronaut John Grunsfeld, Mitglied von drei Nasa-Shuttlemissionen, wollen herausfinden, was in unserem Körper passiert, wenn wir uns in zu große Höhen wagen: Was löst die Symptome der lebensbedrohenden Krankheit High Altitude Pulmonary Edema (Hape) aus?

SWR, 11.45 Uhr

Freitag, 1. April

Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik (3/13)

Das Weltbild des Nikolaus Kopernikus

SWR, 8.30 Uhr

Freitag, 8. April

Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik (7/13)

Isaac Newton und die Gravitation

SWR, 8.45 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot der kommenden Wochen zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

8.–10.4.: 3. Aschberg Frühjahrs-Teleskoptreffen, Aschberg, Schleswig-Holstein. Info: Armin Quante, Tel.: 04352 475830, E-Mail: aft-info@aft-info.de, Internet: www.aft-info.de

KARL BECK

16.4.: Astronomietag 2005 in Österreich. Zum dritten Mal veranstaltet die Österreichische Gesellschaft für Astronomie und Astrophysik (ÖGA²) einen bundesweiten Tag der Astronomie. Forschungsinstitute, Volksbildungsstellen, Vereine, Schul- und Privatsternwarten ermöglichen einen Einblick in ihre Arbeit. Bei diversen Veranstaltungen können Interessierte mehr über den Kosmos erfahren. Info im Internet: www.oegaa.at

16.4.: 3. Praktischer astronomischer Samstag, Bentheim. Vorträge, Workshops, Erfahrungsaustausch und Beobachtungen, veranstaltet vom Astronomischen Verein der Grafschaft Bentheim und von Night-Sky. Info: Christoph Lohuis, Tel: 05941 990904, E-Mail: lohuis@t-online.de, Internet: www.nightsky-online.de und www.avgb.de

ab 19.4.: »Einsteins Kosmos« im Planetarium Freiburg. Kaum jemand versteht Einsteins Theorien über Raum und Zeit, Masse und Energie, mit denen er vor rund 100 Jahren unser ganzes physikalisches Weltbild revolutionierte. Wer dennoch versuchen möchte, Einsteins Konzept vom Kosmos zu begreifen, bekommt dazu im Rahmen des neuen Hauptprogramms im Freiburger Planetarium Gelegenheit. Info und Reservierung: Planetarium Freiburg, Bismarckallee 7g, D-79098 Freiburg im Breisgau, Tel.: 0761 3890630, E-Mail: info@planetarium-freiburg.de, Internet: www.planetarium-freiburg.de

29.–30.4.: Hofer Sternfreundetreffen 2005, Sternwarte Hof. Neben Kurzreferaten der Amateurastronomen werden zwei Fachvorträge gehalten. Am Freitagabend referiert Markus Dähne vom Deutschen Museum in München über »Namibia – das Land der Astronomie«. Abgeschlossen wird die Veranstaltung am Samstag mit einen Vortrag von Daniel Fischer über eine »Sonnenfinsternis mitten im Pazifik«.
Info und Anmeldung: Sternwarte Hof, Egerländerweg 25, D-95032 Hof, Tel.: 09281 95278, E-Mail: info@sternwarte-hof.de, Internet: www.sternwarte-hof.de

29.4.–1.5.: Deep-Sky-Treffen in Bebra. Die Fachgruppen Astrofotografie und Visuelle Deep-Sky-Beobachtung der Vereinigung der Sternfreunde laden zu Vorträgen und Workshops ins Hotel Sonnenblick ein. Außerdem stellen die Amateurastronomen dort ihre fotografischen Beobachtungsergebnisse aus. Die Teilnahme ist an ein, zwei oder allen drei Tagen möglich. Info: Jens Bohle, E-Mail: dst@fachgruppe-deepsky.de, Anmeldung im Internet: www.naa.net/deepsky/dst-2005.htm

5.–7.5.: 9. Niederösterreichisches Teleskoptreffen, Ebenwaldhöhe bei Kleinzell. Wer den freien Donnerstag an Christi Himmelfahrt für ein verlängertes Wochenende nutzen möchte und sein eigenes Teleskop mitbringt, kann an einem der besten Beobachtungsplätze Österreichs in den Himmel schauen, sein Fernrohr von einem Optikermeister prüfen lassen und an einem CCD-Seminar teilnehmen. Bei einem Astroflohmarkt werden Teleskope und Zubehör angeboten.
Info: Charly Binder, Tel.: 0043 2742 882492, E-Mail: charly.binder@chello.at, Internet: www.noe-sternwarte.at

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen!
Für die Maiausgabe schicken Sie bis zum 15. März 2004 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

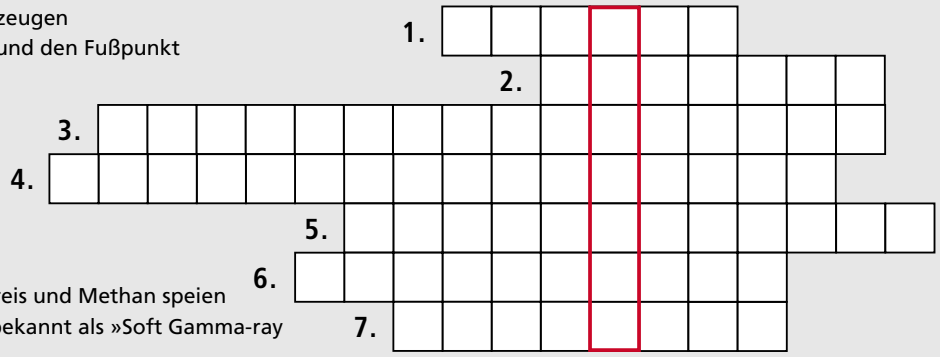
ANZEIGE

ANZEIGE

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE!

1. Prozesse, die elektromagnetische Felder erzeugen
2. Stern, der die Schnauze des Großen Bären und den Fußpunkt der »Leiter« zum Polarstern markiert
3. Sternmuster aus Spika, Arktur und Regulus
4. Verdeckung der Sonnenscheibe, die zuerst ringförmig ist, dann total und zuletzt wieder ringförmig
5. Teil der Atmosphäre ab etwa zwölf Kilometer Höhe
6. Berge auf Titan, die statt Lava wohl Wassereis und Methan speien
7. Exemplar einer Neutronenstern-Art, auch bekannt als »Soft Gamma-ray Repeater« (SGR)



Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 4/2005, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. **Einsendeschluss ist der 11.4.2005.** Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der Juni-Ausgabe, im Handel ab Freitag, dem 20. Mai 2005.

1. Preis: Celestron Powerseeker 70 Linsenteleskop mit 90 Zentimeter Brennweite, zwei Okularen, Dreifach-Barlowlinse und 45-Grad-Prisma. Von Baader Planetarium, Wert: 115,– €.

2. Preis: »Das Ticken des Kosmos« Geschichte der Kosmologie. Elsevier / SAV, 30,– €.

3.– 5. Preis: verschiedene drehbare Sternkarten, Kosmos Verlag, € 8,50 bis € 14,90.

Lösung des Preisrätsels im Januar/Februar-Heft:

1.	V	O	N	P	U	T	T	K	A	M	E	R	
2.	S	T	E	R	N	T	A	G					
3.	O	R	I	O	N	N	E	B	E	L			
4.				H	Y	D	R	A					
5.				C	O	L	U	M	B	U	S		
6.				T	R	I	E	S	N	E	C	K	E	R
7.				A	R	E	C	I	B	O			

LÖSUNG:
Pandora (Saturnmond)

Gewinner des Preisrätsels: 1. Siegfried Brauny, Dresden (Shuttle-simulatorflug), 2.–4. Peter Musch, Kißlegg; Ralf Bauer, Weinheim; Katja Reichert, Schwetzingen (Hörbuch), 5. Peter Schönholzer, Rodersdorf, Schweiz (»Mission Mars«).

ANZEIGE

ANZEIGE

Private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	privat	gewerblich
bis zu drei Zeilen	22,– €	32,– €
jede weitere Zeile	5,– €	5,50 €

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an: Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769, E-Mail:
kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist sechs Wochen vor Erscheinen des Hefts.

VORSCHAU

Astronomie in der Stadt

Lichtverschmutzung und hohe Bauten beeinträchtigen die Beobachtungsmöglichkeiten enorm. Wir sagen Ihnen, was trotzdem geht

DAVID REGEN

S&T, DENNIS DI CICCO

Ringwunder Saturn

Die Raumsonde Cassini und ihr Lander Huygens bescherten uns spektakuläre Bilder des Planeten und seiner Monde. Aber: Sehen Sie selbst!

PAUL HYNDMAN

Planetenbilder selbst machen

Wenn Sie bereits ein Fernrohr und eine Digitalkamera besitzen, brauchen Sie nur noch ein wenig Ausrüstung und Know-how, um fantastische Aufnahmen machen zu können

NIGHT SKY, ALAN DYER

Spurensuche in der Galaxis

Die Bewegung der Sterne und ihre chemische Zusammensetzung können Astronomen viel verraten

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker, Stephan Fichtner, Dr. Frank Schubert, Dr. Joachim Schüring
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Redaktionsanschrift: Postfach 104840, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-711, Fax: 06221 9126-729
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Heidelberg, HRB 2766
Mitarbeit in diesem Heft: Kerstin Beckert, Stephanie Hügler, Corinna Karow, Carolin Konermann, Stephen Koszudowski, Dagny Lüdemann, Dr. Monika Maintz, Dr. Rainer Riemann
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: marketing@spektrum.com
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Leser-Service: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: marketing@spektrum.com
Vertrieb und Abonnementverwaltung:
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o Zenit Pressevertrieb GmbH, Julius-Hölder-Straße 47, 70597 Stuttgart-Degerloch, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 3 vom 1. November 2004.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2005 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728
www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope, Sky Publishing Corporation,
49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA
President/Publisher: Susan B. Lit
Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.
Marketing Director: Marcy L. Dill

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.